



INFORME N° 719 - 2013-OEFA/DE-SDCA

PARA : **ING. MARIELLA ROSSANA ATALA ALVAREZ**
Coordinadora de Calidad Atmosférica

ASUNTO : Medición de Radiaciones No Ionizantes en el distrito de San Borja.

REFERENCIA : Plan Operativo Institucional 2013.

FECHA : San Isidro, 27 DIC. 2013

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarla cordialmente y al mismo tiempo, remitirle el presente Informe sobre las mediciones de Radiaciones No Ionizantes en Baja Frecuencia, realizado en el distrito de San Borja el 02 de Diciembre de 2013.

I. ANTECEDENTES

En cumplimiento del Plan Operativo Institucional 2013, la Dirección de Evaluación realizó mediciones de Radiaciones No Ionizantes en Baja Frecuencia en el distrito de San Borja, en relación a las actividades que ésta realiza.

II. INTRODUCCIÓN

En nuestros días, la calidad de vida de la población está relacionada con la aceptación y utilización de la tecnología en la vida diaria tanto a nivel doméstico como en el trabajo. Podemos mencionar la utilización de líneas de transmisión eléctrica, equipos y aparatos industriales, electrodomésticos, alumbrado eléctrico; sistemas y equipos de telecomunicaciones (estaciones emisoras de radio y televisión, estación base celular, redes de comunicaciones, etc.), computadoras, equipos móviles (celulares, agendas inalámbricas, etc.), entre otros. Sin embargo, esto se traduce en el incremento de los niveles de campos electromagnéticos no ionizantes generados por el hombre. Estamos rodeados de campos electromagnéticos en el hogar, en el trabajo, en la calle, en los centros de enseñanza, etc., prácticamente donde quiera que estemos y la tendencia es a incrementar.

En las últimas dos décadas el Perú viene atravesando un crecimiento sustancial en diversas actividades económicas que a su vez está acompañado por un aumento significativo en la demanda del consumo eléctrico y de la capacidad instalada de energía eléctrica. El consumo energético se distribuye entre los sectores de la actividad económica como la minería, la industria (agroindustria, metalúrgico, textiles, alimenticios), los servicios (educación, sanidad, comercio, banca, hostelería, etc.), residencial, alumbrado público.

Durante el periodo 1990 al 2011, la capacidad instalada para producir energía eléctrica a nivel nacional tuvo un crecimiento medio anual de 106.5 por ciento. Por lo tanto, dada la demanda, se requiere una mayor potencia instalada de energía eléctrica. En el año 2011, el país tenía una capacidad instalada para producir energía eléctrica de 8.55 GW. Ver Gráfico 1.

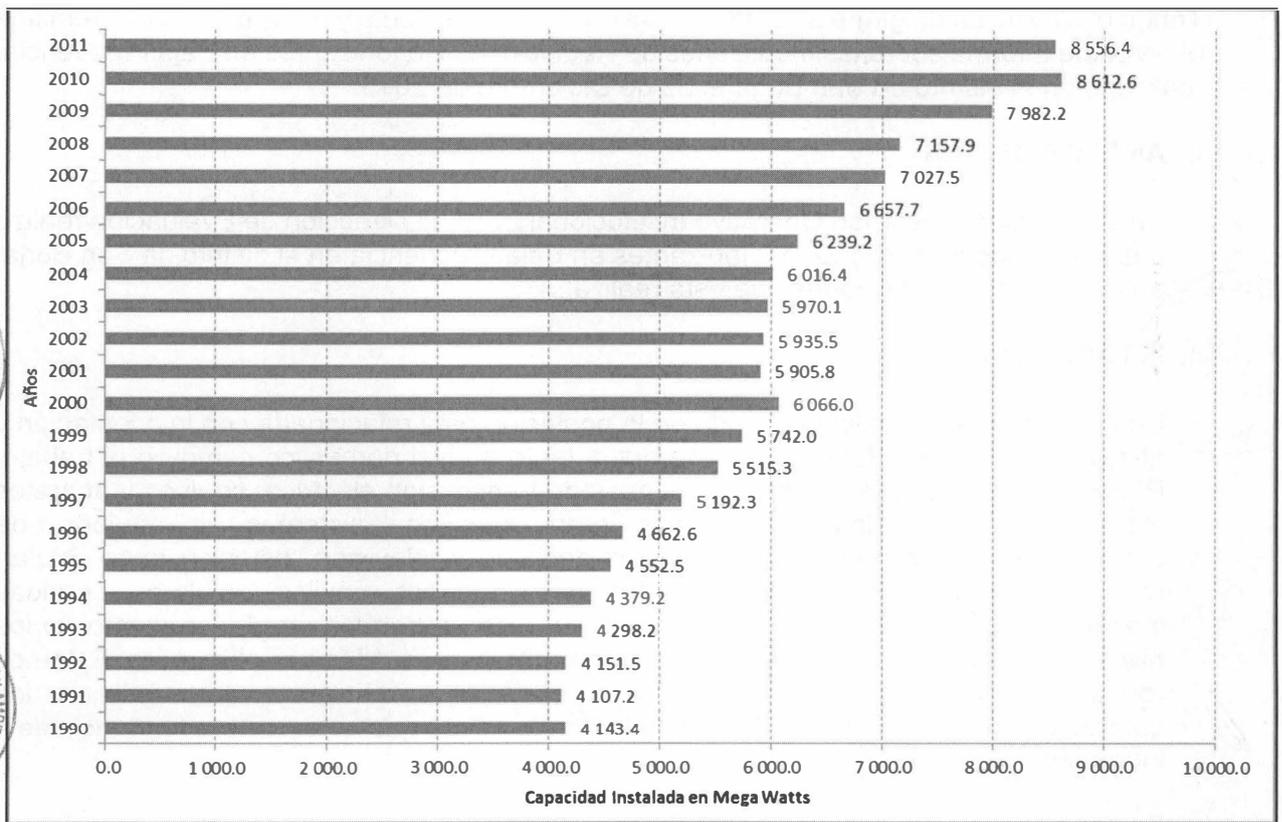




Los niveles de los campos eléctricos y magnéticos (CEM) provenientes de las fuentes artificiales básicamente en 60 Hz se han incrementado continuamente en el lapso de la última década. La mayoría de las exposiciones a los CEM vienen con el incremento del uso de la electricidad y las nuevas tecnologías (industria: motores de inducción, soldadura, dispositivos electrónicos, etc).

Con el fin de salvaguardar la salud humana, diversas Organizaciones Internacionales y Entidades Nacionales han establecido Límites Máximos de Exposición a Campos Electromagnéticos, que permiten proteger la salud pública y/o de los trabajadores que se encuentren expuestos a campos electromagnéticos.

Grafico 1. Capacidad Instalada de Energía Eléctrica del Perú.



Fuente: CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

En nuestro país se han establecido Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Radiaciones No Ionizantes, aprobados el 02 de Febrero de 2005, mediante el Decreto Supremo N° 010-2005-PCM, acogiendo los Límites Máximos para Exposición Poblacional de las Recomendaciones del International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Cabe mencionar que la OMS acoge y recomienda adoptar los Límites Máximos de Exposición a Campos Electromagnéticos propuestos por ICNIRP.

Los Monitoreos de Intensidad de Campo Eléctrico e Inducción Magnética tienen la finalidad de asegurar el bienestar y la salud de los trabajadores y la población local, así como la protección del medio ambiente y de las actividades económicas de la zona, en concordancia con los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos



(60Hz) indicados en el Código Nacional de Electricidad – (Utilización y Suministro) y en los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (ECA – RNI).

EMISIONES DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Los campos electromagnéticos son fenómenos naturales que siempre han estado presentes. Estos campos naturales son de origen magnético (como el producido por el giro del núcleo de hierro de la Tierra) y eléctrico (como el que da lugar en las tormentas).

Las ondas electromagnéticas, en particular, son variaciones de los campos eléctrico y magnético que se propagan por el aire atenuándose con la distancia. De hecho, la atenuación que experimentan las ondas electromagnéticas al propagarse por el espacio es tan elevada que a unos pocos metros de las fuentes radiantes, los niveles de emisión de las mismas son muy pequeños.

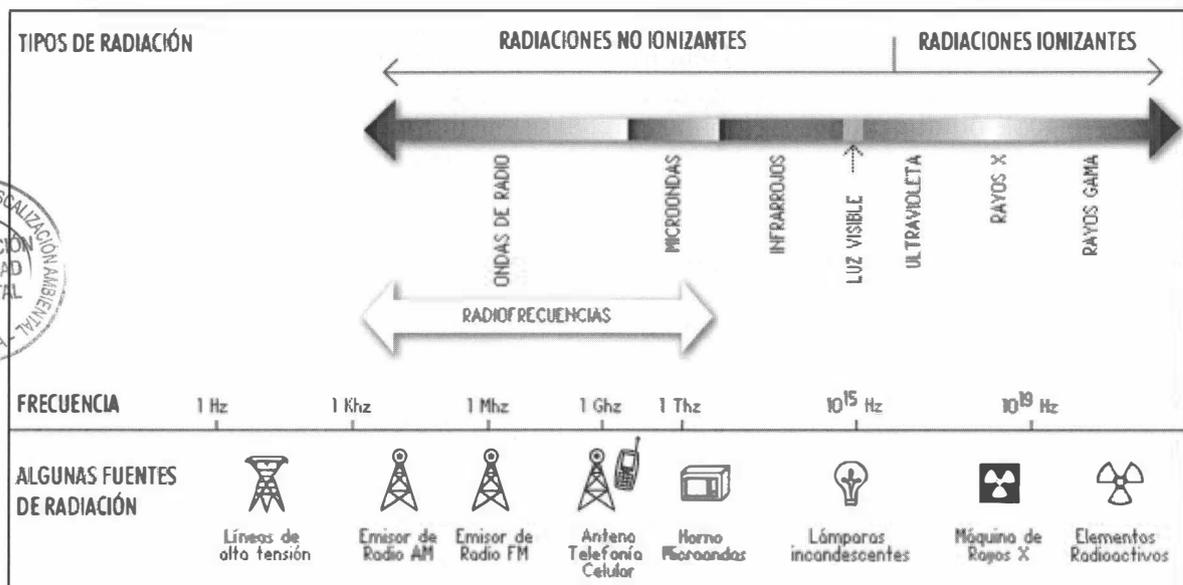


Figura 1. Espectro radioeléctrico

Tipos de Emisiones de los Campos Electromagnéticos

Las emisiones electromagnéticas pueden ser de 2 tipos, dependiendo de la frecuencia de emisión. En la figura 1, se puede ver la clasificación de las diferentes emisiones existentes en estos dos grandes grupos.

• **Emisiones ionizantes:** Son aquellas provocadas por emisiones de alta frecuencia, como los rayos X o los rayos ultravioleta. Su energía es tan elevada que pueden provocar alteraciones en las moléculas de las células vivas, y según su utilización producir efectos beneficiosos o perjudiciales.

• **Emisiones no ionizantes:** Son las provocadas por emisiones de baja frecuencia, como aquellas empleadas en sistemas de telefonía móvil, difusión de radio y televisión. Las emisiones no ionizantes no disponen de energía suficiente para ionizar la materia, por lo que no afecta a la estructura atómica y molecular de los tejidos vivos.



El conjunto de todas las posibles ondas electromagnéticas configura el espectro electromagnético. Las ondas utilizadas por la telefonía móvil se incluyen entre las llamadas ondas de radio, en concreto con frecuencias entre 800 y 1900 MHz. Ver Figura 1.

Tipos de Exposición de los Campos Electromagnéticos

- **Exposición Ocupacional:** es la población expuesta ocupacionalmente conformada por adultos que generalmente están expuestos como consecuencia de su ocupación y desempeño, y están completamente conscientes del potencial de exposición y pueden ejercer el control y tomar las protecciones adecuadas. Los límites de exposición ocupacional se aplican en dependencia de la frecuencia y del tiempo de exposición del cuerpo completo.
- **Exposición Poblacional:** Se aplica para el público en general de todas las edades y de estados de salud variables, en muchos casos las personas expuestas no están conscientes del potencial de la exposición o no puedan ejercer control sobre dicha exposición a los campos electromagnéticos. Son estas consideraciones los motivos para la adopción de restricciones más estrictas a la exposición del público que para la exposición de tipo ocupacional.



III. OBJETIVO

Realizar mediciones en Radiaciones No Ionizantes en Baja Frecuencia en el distrito de San Borja, en cinco (05) puntos en las inmediaciones de la Estación La Cultura y en cinco (05) puntos en las inmediaciones de la Estación Angamos, perteneciente ambas estaciones a la empresa Línea 1 del tren eléctrico.

IV. MARCO ESPECIFICO PARA LAS MEDICIONES Y ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

La Normativa técnica aplicable para el análisis e interpretación de datos de las mediciones en radiaciones no ionizantes en baja frecuencia es:

- Constitución Política del Perú (29/12/1993)
Artículo 2: Toda persona tiene derecho: a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.
- Ley N° 28611, "Ley General del Ambiente" (13/10/2005)
Título Preliminar Derecho y Principios
Artículo I: Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.
- Decreto Legislativo N° 1013, "Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente" (13/05/2008)
- Decreto Legislativo N° 1039, "Decreto Legislativo que modifica las Disposiciones del Decreto Legislativo N° 1013" (25/06/2008)
- Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Legislativo N° 1013, "Creación de Organismos Públicos Adscritos al Ministerio del Ambiente (Organismo de





Evaluación y Fiscalización Ambiental, y Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas)"

- Decreto Supremo N° 022-2009-MINAM, "Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental" (01/12/2009)
- Ley N° 29325 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, que otorga al OEFA, funciones de supervisión y fiscalización ambiental
- R.M. N° 037-2006-MEM/DM: "Código Nacional de Electricidad – Utilización", establece los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz (30/01/2006)

Cuadro 1: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para RNI

| Rango de Frecuencias (f) | Intensidad de Campo Eléctrico (E) (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (H) (A/m) | Densidad de Flujo Magnético (B) (μ T) | Densidad de Potencia (S_{eq}) (W/m^2) | Principales aplicaciones (no restrictiva) |
|--------------------------|---|---|--|---|---|
| Hasta 1 Hz | - | $3,2 \times 10^4$ | 4×10^4 | - | Líneas de energía para trenes eléctricos, resonancia magnética |
| 1 - 8 Hz | 10 000 | $3,2 \times 10^4 / f^2$ | $4 \times 10^4 / f^2$ | - | |
| 8 - 25 Hz | 10 000 | $4 000 / f$ | $5 000 / f$ | - | Líneas de energía para trenes eléctricos |
| 0,025 - 0,8 kHz | $250 / f$ | $4 / f$ | $5 / f$ | - | Redes de energía eléctrica, líneas de energía para trenes, monitores de video |
| 0,8 - 3 kHz | $250 / f$ | 5 | 6,25 | - | Monitores de video |
| 3 - 150 kHz | 87 | 5 | 6,25 | - | Monitores de video |
| 0,15 - 1 MHz | 87 | $0,73 / f$ | $0,92 / f$ | - | Radio AM |
| 1 - 10 MHz | $87 / f^{0,5}$ | $0,73 / f$ | $0,92 / f$ | - | Radio AM, diatermia |
| 10 - 400 MHz | 28 | 0,073 | 0,092 | 2 | Radio FM, TV VHF, Sistemas móviles y de radionavegación aeronáutica, teléfonos inalámbricos, resonancia magnética, diatermia |
| 400 - 2000 MHz | $1,375 / f^{0,5}$ | $0,0037 / f^{0,5}$ | $0,0046 / f^{0,5}$ | $f / 200$ | TV UHF, telefonía móvil celular, servicio troncalizado, servicio móvil satelital, teléfonos inalámbricos, sistemas de comunicación personal |
| 2 - 300 GHz | 61 | 0,16 | 0,20 | 10 | Redes de telefonía inalámbrica, comunicaciones por microondas y vía satélite, radares, hornos microondas |

1. f está en la frecuencia que se indica en la columna Rango de Frecuencias

2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , y B^2 , deben ser promediados sobre cualquier período de 6 minutos.

3. Para frecuencias por encima de 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , y B^2 , deben ser promediados sobre cualquier período de $68 / f^{1,05}$ minutos (f en GHz).

- El Código Nacional de Electricidad – "Utilización" incluye una sección para la "Protección Ambiental", que contiene las prescripciones generales para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y mantenimiento de instalaciones para la utilización de energía eléctrica; con el propósito de proveer un resumen de directivas ambientales específicas al sector eléctrico, en tanto las regulaciones ambientales generales del país se encuentren totalmente desarrollados. Para Radiaciones No Ionizantes en Baja Frecuencia se establecen los "Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz", adoptando las Recomendaciones de la Internacional Comisión on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).
- R.M. N° 214-2011-MEM/DM: "Código Nacional de Electricidad – Suministro" (29/04/2011)



- El Código Nacional de Electricidad – “Suministro” presenta la necesidad de evitar ocasionar mayor impacto en el ambiente, señalando en la Regla 212 los valores máximos de radiaciones no ionizantes para 60 Hz, referidas a campos eléctricos y magnéticos, adoptándose las recomendaciones del ICNIRP y del IARC (International Agency for Research on Cancer) para exposición ocupacional de día completo o exposición de público.
- D.S. N° 010-2005-PCM: “Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes” (02/02/2005)

Los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes son instrumentos de gestión ambiental prioritarios para prevenir y planificar el control de la contaminación por radiaciones no ionizantes sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible; y establecen los niveles máximos de intensidad de campo de las radiaciones no ionizantes, cuya presencia en el ambiente en su calidad de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar el riesgo a la salud humana y el ambiente. Estos estándares se consideran primarios por estar destinados a la protección de la salud humana.

Las Recomendaciones ICNIRP han sido adoptadas por la Organización Mundial de la Salud y son la de mayor aceptación en el mundo. Además sirven de base para los estándares de Alemania, Australia, Nueva Zelanda, Japón, a la Unión Europea, y otros países.



VALORES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS PARA 60 Hz “CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD”

En las zonas de trabajo (exposición ocupacional), así como en lugares públicos (exposición poblacional), no se deben superar los presentes valores. En la Tabla 1, se presentan los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos para líneas eléctricas de 60Hz, que se encuentra en el Código Nacional de Electricidad – Utilización 2006 y Suministro 2011.



- ✓ La medición de estos valores se debe realizar a un metro de altura sobre el nivel del piso, en sentido transversal al eje de la línea hasta el límite de la zona de servidumbre.

Tabla 1. Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos para 60 Hz

| Tipo de Exposición | E(kV/m) | B(μT) |
|------------------------|---------|-------|
| Exposición poblacional | 4,2 | 83,3 |
| Exposición ocupacional | 8,3 | 416,7 |

Donde:

- E: Intensidad de Campo Eléctrico, medida en kVoltios/metro (kV/m)
- B: Densidad de Flujo Magnético o Inducción Magnética (μT)





VI. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PRODUCIDOS POR LAS ACTIVIDADES DE TELECOMUNICACIONES

Con la finalidad de brindar seguridad a la población frente a la exposición de las radiaciones de los campos electromagnéticos muchos países han adoptado Recomendaciones y Estándares.

6.1 Recomendaciones ICNIRP

Se establecen recomendaciones para limitar la exposición a los Campos Electromagnéticos con el objeto de proveer protección contra efectos adversos a la salud conocidos.

Tabla 2. Límites Máximos Permisibles ICNIRP – Exposición Poblacional

| Rango de Frecuencias | Intensidad de Campo Eléctrico (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (A/m) | Densidad de Flujo Magnético (μT) | Densidad de Potencia (W/m ²) |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--|
| Hasta 1 Hz | – | 3.2×10^4 | 4×10^4 | – |
| 1 – 8 Hz | 10 000 | $3.2 \times 10^4 / f^2$ | $4 \times 10^4 / f^2$ | – |
| 8 – 25 Hz | 10 000 | $4000 / f$ | $5000 / f$ | – |
| 0.025 – 0.8 KHz | $250 / f$ | $4 / f$ | $5 / f$ | – |
| 0.8 – 3 KHz | $250 / f$ | 5 | 6.25 | – |
| 3 – 150 KHz | 87 | 5 | 6.25 | – |
| 0.15 – 1 MHz | 87 | $0.73 / f$ | $0.92 / f$ | – |
| 1 – 10 MHz | $87 / f^{0.5}$ | $0.73 / f$ | $0.92 / f$ | – |
| 10 – 400 MHz | 28 | 0.073 | 0.092 | 2 |
| 400 – 2000 MHz | $1.375 f^{0.5}$ | $0.0037 f^{0.5}$ | $0.0046 f^{0.5}$ | $f / 200$ |
| 2 – 300 GHz | 61 | 0.16 | 0.20 | 10 |

f, en las unidades que se indican en la columna de rango de frecuencia

La Radiación No Ionizantes (RNI) engloba toda la radiación y los campos del espectro electromagnético que no tienen suficiente energía para ionizar la materia. Pero, al igual que cualquier forma de energía, la energía RNI tiene el potencial necesario para interactuar con los sistemas biológicos, y las consecuencias pueden ser irrelevantes, perjudiciales en diferentes grados o beneficiosas.

A continuación en la Tabla 2 y Tabla 3, se presentan los Límites Máximos Permisibles de la “International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection” (ICNIRP) para el caso de exposición de público en general (poblacional) y ocupacional (laboral), respectivamente, para el rango de frecuencias desde > 0 Hz hasta 300 GHz.

Las Recomendaciones de la “International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection” (ICNIRP), son las de mayor aceptación en el mundo, y sirven de base para los estándares de Alemania, Australia – Nueva Zelanda, Brasil, Bolivia, Chile, Japón, Perú, la Unión Europea, y otros países e instituciones.





Tabla 3. Límites Máximos Permisibles ICNIRP – Exposición Ocupacional

| Rango de Frecuencias | Intensidad de Campo Eléctrico (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (A/m) | Densidad de Flujo Magnético (μ T) | Densidad de Potencia (W/m^2) |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| Hasta 1 Hz | – | 1.63×10^5 | 2×10^5 | – |
| 1 – 8 Hz | 20 000 | $1.63 \times 10^5 / f^2$ | $2 \times 10^5 / f^2$ | – |
| 8 – 25 Hz | 20 000 | $2 \times 10^4 / f$ | $2.5 \times 10^4 / f$ | – |
| 0.025 – 0.82 KHz | $500 / f$ | $20 / f$ | $25 / f$ | – |
| 0.82 – 65 KHz | 610 | 24,4 | 30.7 | – |
| 0.065 – 1 MHz | 610 | $1.6 / f$ | $2 / f$ | – |
| 1 – 10 MHz | $610 / f$ | $1.6 / f$ | $2 / f$ | – |
| 10 – 400 MHz | 61 | 0.16 | 0.2 | 10 |
| 400 – 2000 MHz | $3 f^{0.5}$ | $0.008 f^{0.5}$ | $0.01 f^{0.5}$ | $f / 40$ |
| 2 – 300 GHz | 137 | 0.36 | 0.45 | 50 |

f , en las unidades que se indican en la columna de rango de frecuencia

Dónde:

- E: Intensidad de Campo Eléctrico, medido en Voltios/metro (V/m)
- H: Intensidad de Campo Magnético, medido en Amperio/metro (A/m)
- B: Densidad de Flujo Magnético, medido en micro Teslas (μ T)
- S: Densidad de Potencia, medido en Vatios/metro-cuadrado (W/m^2)

VII. PROTOCOLO DE MEDICIONES DE CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS EN BAJA FRECUENCIA (LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN)

Las mediciones se realizan en base al estándar IEEE 644 "Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines".

Consideraciones Generales

1. Asegurar que no existen otras fuentes de campo electromagnético en la proximidad (1 m) del punto de medición. Esas otras fuentes pueden ser los artefactos eléctricos, los focos incandescentes, etc.
2. Las mediciones se realizan a una altura de un metro (1 m) sobre el piso. Se considerarán mediciones en otras alturas cuando sea necesario.
3. Para evitar perturbaciones y/o errores en la medición del campo eléctrico, se recomienda que el operador mantenga una distancia prudencial de la sonda (mayor a 2.5 metros).
4. Durante la medición del campo magnético, el operador puede estar cerca de la sonda debido a que no perturbará el campo magnético a medirse.

Mediciones

1. Ubicado el punto de medición se procede con la conexión de la sonda de campo magnético y se inicia automáticamente el test de calibración y verificación de la misma.
2. Se realiza mediciones RMS y pico del campo magnético (B) para 60 Hz. Se toma nota de los valores máximos.
3. Luego se toman lecturas del máximo porcentaje de exposición ocupacional o poblacional, según sea el caso para un rango de frecuencia de 5 Hz a 32 kHz, de acuerdo a las recomendaciones del ICNIRP (98), con el fin de considerar los armónicos de 60Hz y otras fuentes de baja frecuencia diferente de 60 Hz.



4. Terminada la medición de campo magnético se procede a instalar la sonda de campo eléctrico y se repiten los pasos 1 al 3.
5. Durante las mediciones de Campo Eléctrico e inducción Magnética se recolecta la siguiente información:
 - Coordenadas UTM, altitud, fecha y hora.
 - Detalle de los sitios expuestos (croquis y vistas del lugar).
 - Registro fotográfico de la zona y de la medición.
 - Otras informaciones relevantes

VIII. EQUIPO DE MONITOREO PARA BAJA FRECUENCIA

Se utilizó el analizador de campo electromagnético para baja frecuencia, marca W&G-NARDA, modelo EFA-300, equipado con sondas (sensores) de campo magnético y de campo eléctrico (cada sensor con características isotrópicas). Este analizador de campo electromagnético, consta de un módulo principal de procesamiento y dos sensores independientes, uno para campo eléctrico y otro para campo magnético. Cada sensor, de características isotrópicas, toma muestras de campo electromagnético en los tres ejes que luego son procesadas digitalmente en el equipo. Sus certificados de calibración se encuentran vigentes y han sido emitidos por los Laboratorios de NARDA en Alemania. Esta certificación garantiza la exactitud y calidad de las mediciones realizadas tanto de campo eléctrico como campo magnético. En la Figura 2, se muestra medidor de campo eléctrico y magnético para baja frecuencia

Las especificaciones generales del equipo de monitoreo se muestran en el Cuadro 2:

Cuadro 2: Especificaciones generales del equipo de monitoreo para baja frecuencia

| Especificaciones | Campo Magnético (B) Sensor 100 cm ² | Campo Eléctrico (E) |
|--|---|-------------------------|
| Sensor | Sistema Integrado de Bobinas | Electrodo |
| Característica direccional | Tri-axial (isotrópico) o por ejes (seleccionable) | |
| Rango de frecuencia (banda ancha), seleccionable | 5 Hz a 2 kHz, 30 Hz a 2 kHz, 5 Hz a 32 kHz ó 30 Hz a 32 kHz | |
| Rango de frecuencia (filtros pasabanda / banda eliminada), seleccionable | 15 Hz a 2 kHz | |
| Lecturas, seleccionable | Valor RMS (promediado = 1 segundo) o valor de pico (con la fase correcta) | |
| Rango de medida | 4 nT (sonda de 100 cm ²) a 32mT | 0,7 V/m a 100 kV/m |
| Modo STD, rango de frecuencia | 5 Hz a 32 kHz | |
| Rango de medida STD (ICNIRP ocupacional) | < 0,4 % a 200 % (campo H) | < 5 % a 200 % (campo E) |
| Rango de frecuencia FFT | 5 Hz a 2 kHz . 40 Hz a 32 kHz | |
| Resolución de frecuencia en el modo FFT | 0,01 Hz ó 0,1 Hz | |



Figura 2: Medidor de campo eléctrico y magnético para baja frecuencia

Para garantizar la exactitud y calidad de las mediciones realizadas, el equipo debe contar con sus certificados de calibración vigentes y emitidos por el fabricante.

IX. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIONES

Las mediciones realizadas en Radiaciones No Ionizantes en baja frecuencia, corresponde al distrito de San Borja.

Distrito de San Borja

El distrito de San Borja es uno de los 43 distritos de la Provincia de Lima, ubicada en el Departamento de Lima, Perú.

Limita al norte con el distrito de San Luis, el distrito de La Victoria, y el distrito de Ate, al este con el distrito de Santiago de Surco, al sur con el distrito de Surquillo y al oeste con el distrito de San Isidro.

Su coordenada geográfica es Latitud Sur: 12° 06' 0" y Longitud Oeste: 77° 01' 0".

El distrito de San Borja cuenta con una población estimada de 133,486 habitantes (fuente: INEI – 2007), con una superficie de 9.96 Km², teniendo una densidad poblacional de 13,402.2 habitantes / Km². Ver Plano 1.



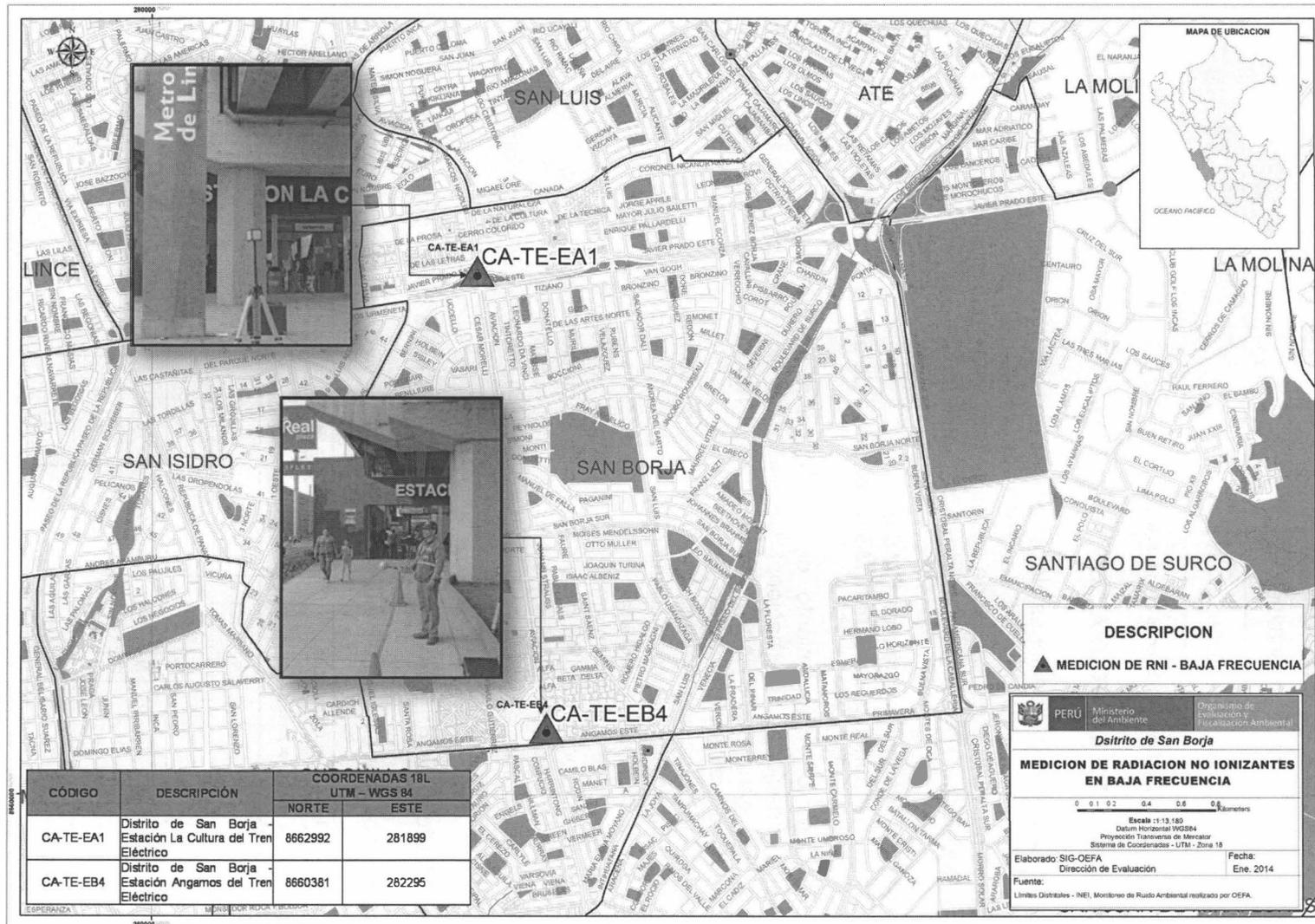
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"



Plano 1. Puntos de medición del distrito de San Borja (baja frecuencia).





Tabla 4. Ubicación de las estaciones del tren eléctrico

| Site | Coordenadas UTM 18 L | | Estación del Tren Eléctrico | Distrito |
|----------|----------------------|-----------|--|-----------|
| CA-TE-EA | 281910 E | 8662993 N | Estación La Cultura de la Línea 1 Av. Javier Prado / Av. Aviación | San Borja |
| CA-TE-EB | 282305 E | 8660331 N | Estación Angamos de la Línea 1 Av. Angamos / Av. Aviación | San Borja |

CA-TE-Ei: Calidad Atmosferica en el Tren Eléctrico de la estación *i*.

X. MEDICIONES DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES

Las mediciones de Radiaciones No Ionizantes en baja frecuencia (trabajo de campo) se realizó el día 02 de Diciembre del 2013 en la Estación la Cultura y en la Estacion Angamos del distrito de San Borja. Consistió en medir cuantitativamente la intensidad de campo eléctrico e inducción magnética, mediendose:

1. Inducción magnética máxima RMS en 60 Hz.
2. Inducción magnética máxima RMS en el rango de 5Hz a 32 kHz, incluyendo fuentes naturales y artificiales.
3. Porcentaje de cumplimiento de la inducción magnética con respecto de las Recomendaciones Internacional Comisión on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) para exposición poblacional en el rango de 5Hz a 32 kHz incluyendo fuentes naturales y artificiales. Ver la tabla 9.
4. Intensidad de campo eléctrico máximo RMS en 60 Hz.
5. Intensidad de campo eléctrico máximo RMS en el rango de 5 Hz a 32 kHz incluyendo fuentes naturales y artificiales.
6. Porcentaje de cumplimiento del campo eléctrico con respecto de las Recomendaciones ICNIRP para exposición poblacional en el rango de 5Hz a 32 kHz incluyendo fuentes naturales y artificiales. Ver la tabla 10.
7. Toma de coordenadas UTM (DATUM WGS 84), altitud y registro fotográfico de los puntos de medición.

a. Mediciones de Radiaciones No Ionizantes en la Estación La Cultura

TABLA 5. MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA "AV. JAVIER PRADO / AV. AVACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Ubicación Geográfica | | | | B (uT) | | | Fecha de Medición | Hora Inicio | Tipo de Exp. | |
|--------------------|---------------------------|---|----------------|-----------|---------------|--------------------|-------|-------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Coordenadas UTM Zona 18 L | | Altitud (msnm) | RMS 60 Hz | RMS 5Hz-32kHz | % ICNIRP 5Hz-32kHz | | | | | |
| CA-TE-EA1 | 281899 | E | 8662992 | N | 164 | 0.9568 | 0.920 | 2.098% | 02/12/2013 | 09:50 | Poblacional |
| CA-TE-EA2 | 281903 | E | 8662998 | N | 164 | 0.0866 | 0.234 | 0.963% | 02/12/2013 | 10:27 | Poblacional |
| CA-TE-EA3 | 281916 | E | 8663002 | N | 164 | 0.0508 | 0.227 | 0.922% | 02/12/2013 | 11:03 | Poblacional |
| CA-TE-EA4 | 281914 | E | 8662996 | N | 164 | 1.2420 | 1.224 | 2.403% | 02/12/2013 | 11:40 | Poblacional |
| CA-TE-EA5 | 281880 | E | 8663139 | N | 164 | 0.0542 | 0.229 | 0.981% | 02/12/2013 | 12:18 | Poblacional |

B_{RMS} (μ T): 60Hz

Valor RMS de la inducción magnética medida en 60Hz

$B_{VectPeak}$ (μ T): 60Hz

Valor pico de la inducción magnética medida en 60Hz

B_{RMS} (μ T): 5Hz-32KHz

Valor RMS de la inducción magnética medida en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

% B_{ICNIRP} : 5Hz-32KHz

Valor medido de exposición a la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)



TABLA 6. MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO "AV. JAMER PRADO / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Ubicación Geográfica | | | | E (V/m) | | | Fecha de Medición | Hora Inicio | Tipo de Exp. | |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|-----------|---------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | RMS 60 Hz | RMS 5Hz-32kHz | % ICNIRP 5Hz-32kHz | | | | |
| CA-TE-EA1 | 281899 | E | 8662992 | N | 164 | 0.09549 | 6.82800 | 14.99% | 02/12/2013 | 10:09 | Poblacional |
| CA-TE-EA2 | 281903 | E | 8662998 | N | 164 | 0.08624 | 4.51200 | 14.67% | 02/12/2013 | 10:46 | Poblacional |
| CA-TE-EA3 | 281916 | E | 8663002 | N | 164 | 0.10220 | 5.05700 | 14.64% | 02/12/2013 | 11:22 | Poblacional |
| CA-TE-EA4 | 281914 | E | 8662996 | N | 164 | 0.08850 | 4.61700 | 15.27% | 02/12/2013 | 11:59 | Poblacional |
| CA-TE-EA5 | 281880 | E | 8663139 | N | 164 | 0.07710 | 4.46100 | 14.25% | 02/12/2013 | 12:37 | Poblacional |



E_{RMS} (V/m): 60Hz

Valor RMS de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

E_{Peak} (V/m): 60Hz

Valor pico de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

E_{RMS} (V/m): 5Hz-32KHz

Valor RMS de la intensidad de campo eléctrico medida en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

% ICNIRP: 5Hz-32KHz

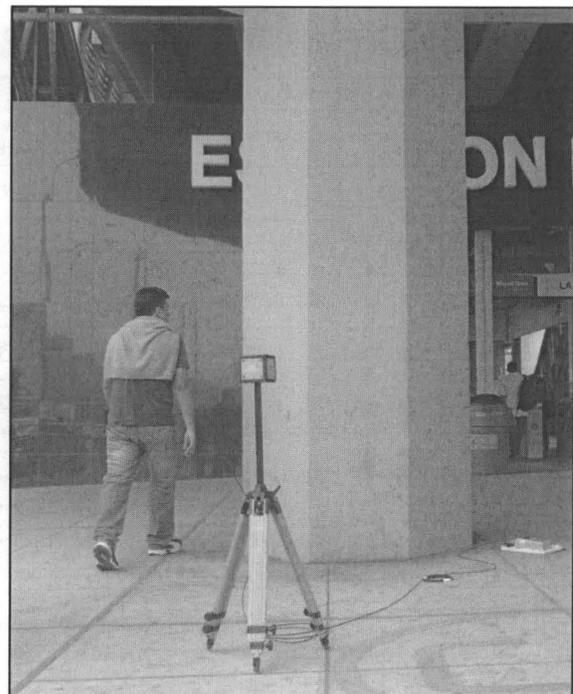
Valor medido de la exposición a la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

CA-TE-EA: Calidad Atmosferica en el Tren Eléctrico de la estación A.

- ✓ Las mediciones en porcentaje de exposición en el rango de 5Hz a 32 KHz, aseguran la inclusión de la suma de los campos eléctricos y magnéticos en dicho rango, presentes en las zonas de medición, producidos por fuentes generadoras naturales y artificiales (frecuencia fundamental 60Hz y sus armónicos).

Fotografía N° 01

Fotografía N° 02



Coordenadas: 18L 281899 E, 8662992 N
Fuente: OEFA

Coordenadas: 18L 281903 E, 8662998 N
Fuente: OEFA





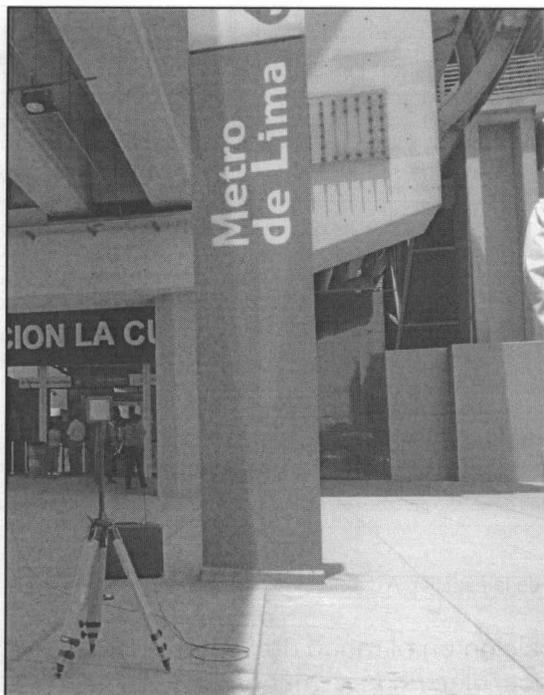
PERÚ

Ministerio
del AmbienteOrganismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad
Alimentaria"

Fotografía N° 03

Coordenadas: 18L 281914 E, 8663139 N
Fuente: OEFA

Fotografía N° 04

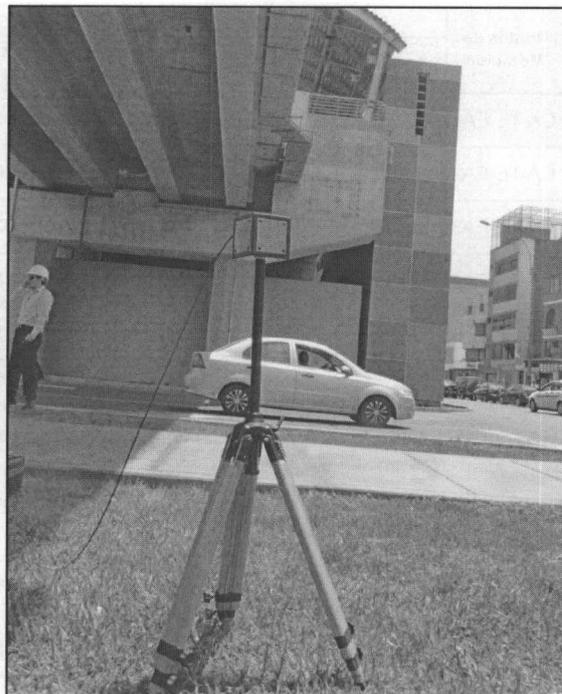
Coordenadas: 18L 281880 E, 8663139 N
Fuente: OEFA**b. Mediciones de Radiaciones No Ionizantes en la Estación Angamos**

TABLA 7. MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA "AV. ANGAMOS / AV. AVACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Ubicación Geográfica | | | | B (uT) | | | Fecha de Medición | Hora Inicio | Tipo de Exp. | |
|--------------------|---------------------------|---|----------------|-----------|---------------|--------------------|-------|-------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Coordenadas UTM Zona 18 L | | Altitud (msnm) | RMS 60 Hz | RMS 5Hz-32kHz | % ICNIRP 5Hz-32kHz | | | | | |
| CA-TE-EB1 | 282324 | E | 8660334 | N | 137 | 4.9690 | 5.027 | 6.643% | 02/12/2013 | 14:25 | Poblacional |
| CA-TE-EB2 | 282308 | E | 8660350 | N | 137 | 0.1871 | 0.261 | 0.779% | 02/12/2013 | 15:04 | Poblacional |
| CA-TE-EB3 | 282305 | E | 8660384 | N | 137 | 0.1013 | 0.215 | 0.649% | 02/12/2013 | 15:40 | Poblacional |
| CA-TE-EB4 | 282295 | E | 8660381 | N | 137 | 0.1316 | 0.191 | 0.662% | 02/12/2013 | 16:16 | Poblacional |
| CA-TE-EB5 | 282300 | E | 8660328 | N | 137 | 4.3480 | 4.430 | 6.120% | 02/12/2013 | 16:53 | Poblacional |

 $B_{RMS}(\mu T)$: 60Hz

Valor RMS de la inducción magnética medida en 60Hz

 $B_{VectPeak}(\mu T)$: 60Hz

Valor pico de la inducción magnética medida en 60Hz

 $B_{RMS}(\mu T)$: 5Hz-32KHz

Valor RMS de la inducción magnética medida en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

% B_{ICNIRP} : 5Hz-32KHz

Valor medido de exposición a la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

CA-TE-EB: Calidad Atmosferica en el Tren Eléctrico de la estación B.



TABLA 8. MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO "AV. ANGAMOS / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Ubicación Geográfica | | | | E (V/m) | | | Fecha de Medición | Hora Inicio | Tipo de Exp. | |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|-----------|---------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | RMS 60 Hz | RMS 5Hz-32kHz | % ICNIRP 5Hz-32kHz | | | | |
| CA-TE-EB1 | 282324 | E | 8660334 | N | 137 | 0.38160 | 4.53800 | 14.38% | 02/12/2013 | 14:44 | Poblacional |
| CA-TE-EB2 | 282308 | E | 8660350 | N | 137 | 0.20340 | 4.41500 | 15.00% | 02/12/2013 | 15:23 | Poblacional |
| CA-TE-EB3 | 282305 | E | 8660384 | N | 137 | 0.42700 | 4.61600 | 14.40% | 02/12/2013 | 15:59 | Poblacional |
| CA-TE-EB4 | 282295 | E | 8660381 | N | 137 | 0.24160 | 6.07900 | 14.14% | 02/12/2013 | 16:35 | Poblacional |
| CA-TE-EB5 | 282300 | E | 8660328 | N | 137 | 0.67140 | 4.38200 | 14.41% | 02/12/2013 | 17:12 | Poblacional |

E_{RMS} (V/m): 60Hz Valor RMS de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

$E_{Vect Peak}$ (V/m): 60Hz Valor pico de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

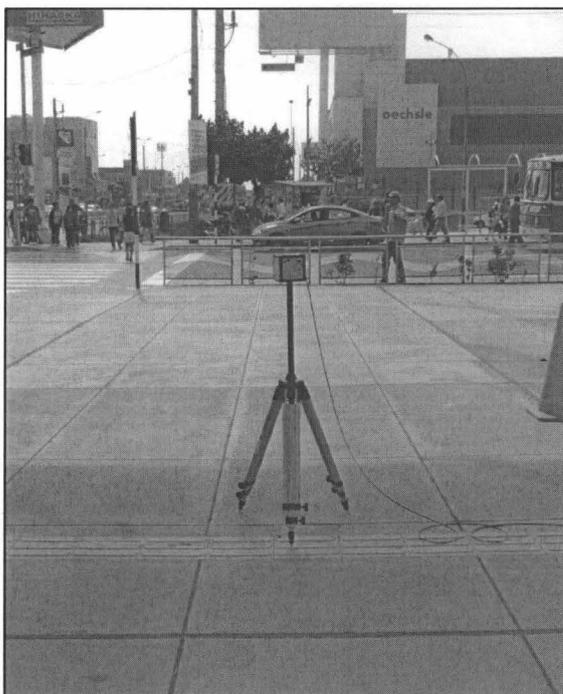
E_{RMS} (V/m): 5Hz-32KHz Valor RMS de la intensidad de campo eléctrico medida en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

% E_{ICNIRP} : 5Hz-32KHz Valor medido de la exposición a la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)



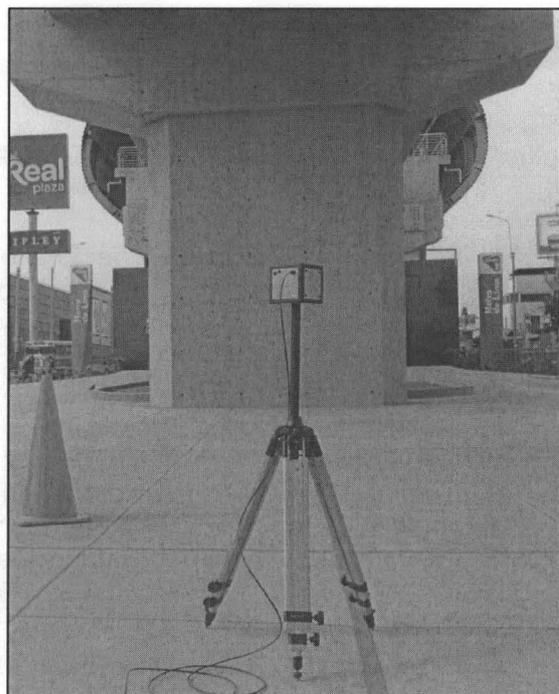
CA-TE-EB: Calidad Atmosferica en el Tren Eléctrico de la estación B.

Fotografía N° 05



Coordenadas: 18L 282324 E, 8660334 N
Fuente: OEFA

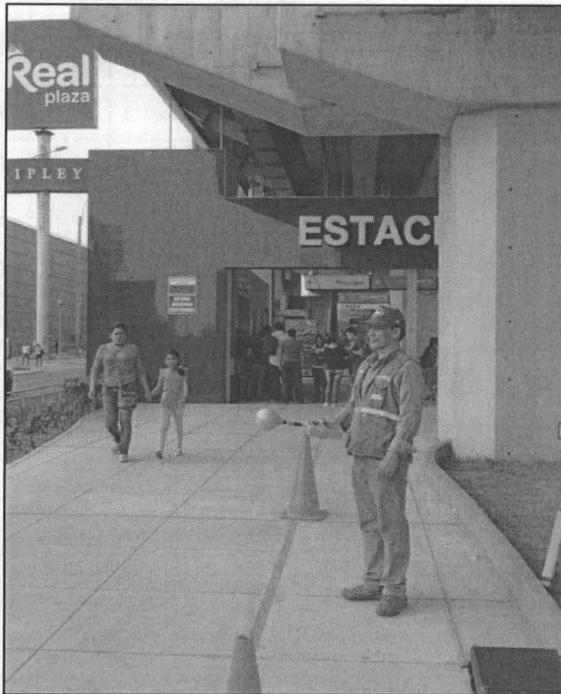
Fotografía N° 06



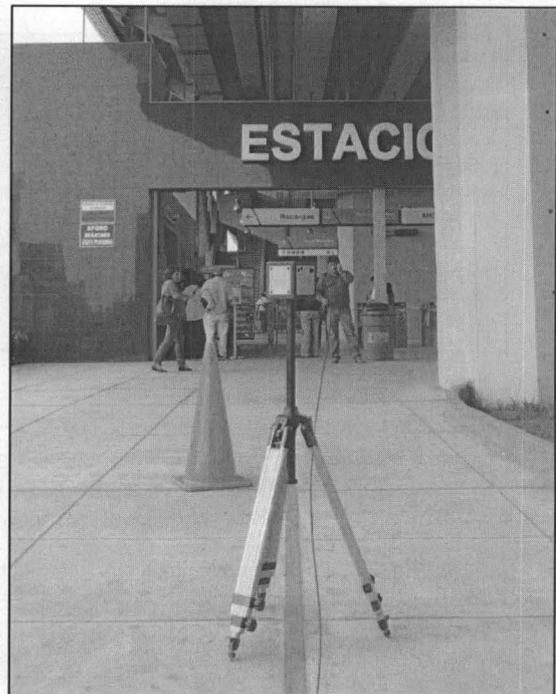
Coordenadas: 18L 282308 E, 8660350 N
Fuente: OEFA



Fotografía N° 07

Coordenadas: 18L 282295 E, 8660381 N
Fuente: OEFA

Fotografía N° 08

Coordenadas: 18L 282295 E, 8660381 N
Fuente: OEFA

XI. ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE RADIACIONES NO IONIZANTES (RNI) EN BAJA FRECUENCIA



El análisis se realiza con respecto a lo dispuesto en el Código Nacional de Electricidad y consiste en comparar las mediciones efectuadas con los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos para 60 Hz establecidos en el Perú, de acuerdo con el Tabla 1 del numeral 6, del presente informe.

a) Análisis del Campo Magnético

Para realizar el análisis del Campo Magnético utilizamos el valor eficaz (RMS) en 60 Hz obtenido directamente del analizador de campo electromagnético presentado en la Tabla 5 y en la Tabla 7 - mediciones de exposición a la Inducción Magnética, y lo dividimos entre el Valor Máximo de Exposición para 60 Hz ocupacional o poblacional según sea el caso:

$$\text{Exposición al Campo Magnético}_{\text{CNE } 60\text{Hz}} (\%) = \frac{B_{\text{RMS medido } 60\text{Hz}}}{B_{\text{VME } 60\text{Hz}}} \times 100\%$$

Dónde:

- $B_{\text{VME } 60\text{Hz}} \text{ ocupacional} = 416.7 \mu\text{T}$
- $B_{\text{VME } 60\text{Hz}} \text{ poblacional} = 83.3 \mu\text{T}$

Esta operación se repite para todos los puntos de medición. En la Tabla 9 y en la Tabla 11, se presenta el análisis de la Inducción Magnética (densidad de flujo magnético), realizando una comparación entre el valor RMS medido para 60 Hz, el porcentaje con





respecto al Valor Máximo de Exposición Poblacional para 60 Hz y el el porcentaje de exposición poblacional ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes) en el rango de 5 Hz a 32 KHz.

b) Análisis del Campo Eléctrico

Para realizar el análisis del Campo Eléctrico utilizamos el valor eficaz (RMS) en 60 Hz obtenido directamente del analizador de campo electromagnético presentado en la Tabla 6 y en la Tabla 8 - mediciones de exposición a la Intensidad de Campo Eléctrico, y lo dividimos entre el Valor Máximo de Exposición para 60 Hz ocupacional o poblacional según sea el caso:

$$\text{Exposición al Campo Eléctrico } C_{NE \ 60 \text{ Hz}} (\%) = \frac{E_{RMS \text{ medido } 60 \text{ Hz}}}{E_{VME \ 60 \text{ Hz}}} \times 100\%$$

Dónde:

$E_{VME \ 60 \text{ Hz}} \text{ ocupacional} = 8.3 \text{ kV/m}$

$E_{VME \ 60 \text{ Hz}} \text{ poblacional} = 4.2 \text{ kV/m}$

Esta operación se repite para todos los puntos de medición. En la Tabla 10 y en la Tabla 12, se presenta el análisis de Intensidad de Campo Eléctrico, realizando una comparación entre el valor RMS medido para 60 Hz, el porcentaje con respecto al Valor Máximo de Exposición Poblacional para 60 Hz y el el porcentaje de exposición poblacional ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes) en el rango de 5 Hz a 32 KHz.





TABLA 9.- ANALISIS DE LA EXPOSICIÓN A LA INDUCCION MAGNETICA "AV. JAVIER PRADO / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | B _{RMS} (μ T): 60Hz | %B _{VME_CNE} : 60Hz | %B _{ICNIRP} : 5Hz-32KHz | Fecha | Hora | EVALUACIÓN |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------|-------|------------------------------|
| CA-TE-EA1 | 281899 | E | 8662992 | N | 0.9568 | 1.15% | 2.10% | 02/12/2013 | 09:50 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA2 | 281903 | E | 8662998 | N | 0.0866 | 0.10% | 0.96% | 02/12/2013 | 10:27 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA3 | 281916 | E | 8663002 | N | 0.0508 | 0.06% | 0.92% | 02/12/2013 | 11:03 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA4 | 281914 | E | 8662996 | N | 1.2420 | 1.49% | 2.40% | 02/12/2013 | 11:40 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA5 | 281880 | E | 8663139 | N | 0.0542 | 0.07% | 0.98% | 02/12/2013 | 12:18 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |

B_{RMS}(μ T): 60Hz Valor RMS de la inducción magnética medida en 60Hz

B_{Vect Peak}(μ T): 60Hz Valor pico de la inducción magnética medida en 60Hz

%B_{VME_CNE}: 60Hz Relación entre el valor de la medición de la inducción magnética y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 83.3 μ T y el VME para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 416.7 μ T

%B_{ICNIRP}: 5Hz-32KHz Valor de la medición de la exposición de la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec.ICNIRP (98)

VME: Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 037-2006-MEM/DM.

CNE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 214-2011-MEM/DM.





TABLA 10.- ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO "AV. JAVIER PRADO / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | $E_{RMS}(V/m): 60Hz$ | $\%E_{VME_CNE} 60Hz$ | $\%E_{ICNIRP}: 5Hz-32kHz$ | Fecha | Hora | EVALUACIÓN |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|----------------------|-----------------------|---------------------------|------------|-------|------------------------------|
| CA-TE-EA1 | 281899 | E | 8662992 | N | 0.09549 | 0.00% | 14.99% | 02/12/2013 | 10:09 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA2 | 281903 | E | 8662998 | N | 0.08624 | 0.00% | 14.67% | 02/12/2013 | 10:46 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA3 | 281916 | E | 8663002 | N | 0.10220 | 0.00% | 14.64% | 02/12/2013 | 11:22 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA4 | 281914 | E | 8662996 | N | 0.08850 | 0.00% | 15.27% | 02/12/2013 | 11:59 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA5 | 281880 | E | 8663139 | N | 0.07710 | 0.00% | 14.25% | 02/12/2013 | 12:37 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |

$E_{RMS}(V/m): 60Hz$ Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

$E_{Vect Peak}(V/m): 60Hz$ Valor pico de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

$\%E_{VME_CNE}: 60Hz$ Relación entre el valor de la medición de la intensidad de campo eléctrico y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 4.2 kV/m y el VME para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 8.3 kV/m

$\%E_{ICNIRP}: 5Hz-32KHz$ Valor de la medición de la exposición de la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

VME: Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 037-2006-MEM/DM.

CNE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 214-2011-MEM/DM.





TABLA 11.-ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A LA INDUCCION MAGNÉTICA "AV. ANGAMOS / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | B _{RMS} (μ T): 60Hz | %B _{VME_CNE} : 60Hz | %B _{ICNIRP} : 5Hz-32KHz | Fecha | Hora | EVALUACIÓN |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------|-------|------------------------------|
| CA-TE-EB1 | 282324 | E | 8660334 | N | 4.9690 | 5.97% | 6.64% | 02/12/2013 | 14:25 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB2 | 282308 | E | 8660350 | N | 0.1871 | 0.22% | 0.78% | 02/12/2013 | 15:04 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB3 | 282305 | E | 8660384 | N | 0.1013 | 0.12% | 0.65% | 02/12/2013 | 15:40 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB4 | 282295 | E | 8660381 | N | 0.1316 | 0.16% | 0.66% | 02/12/2013 | 16:16 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB5 | 282300 | E | 8660328 | N | 4.3480 | 5.22% | 6.12% | 02/12/2013 | 16:53 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |

B_{RMS}(μ T): 60Hz Valor RMS de la inducción magnética medida en 60Hz

B_{VectPeak}(μ T): 60Hz Valor pico de la inducción magnética medida en 60Hz

%B_{VME_CNE}: 60Hz Relación entre el valor de la medición de la inducción magnética y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 83.3 μ T y el VME para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 416.7 μ T

%B_{ICNIRP}: 5Hz-32KHz Valor de la medición de la exposición de la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec.ICNIRP (98)

VME: Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 037-2006-MEM/DM.

CNE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 214-2011-MEM/DM.



Handwritten mark



TABLA 12.- ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO "AV. ANGAMOS/ AV. AMAOON-SANBORJA"

| Puntos de Medición | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | $E_{RMS}(V/m): 60\text{Hz}$ | $\%E_{ME_{ONE}} 60\text{Hz}$ | $\%E_{ONRF: 5\text{Hz}-32\text{kHz}}$ | Fecha | Hora | EVALUACIÓN |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------|-------|-----------------------------|
| CA-TE-EB1 | 282324 | E | 8860334 | N | 0.38160 | 0.01% | 14.38% | 02/12/2013 | 14:44 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB2 | 282308 | E | 8860360 | N | 0.20340 | 0.00% | 15.00% | 02/12/2013 | 15:23 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB3 | 282305 | E | 8860384 | N | 0.42700 | 0.01% | 14.40% | 02/12/2013 | 15:59 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB4 | 282295 | E | 8860381 | N | 0.24160 | 0.01% | 14.14% | 02/12/2013 | 16:36 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB5 | 282300 | E | 8860328 | N | 0.67140 | 0.02% | 14.41% | 02/12/2013 | 17:12 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |

$E_{RMS}(V/m): 60\text{Hz}$ Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

$E_{VEI\text{ PEB}}(V/m): 60\text{Hz}$ Valor pico de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

$\%E_{ME_{ONE}} 60\text{Hz}$ Relación entre el valor de la medición de la intensidad de campo eléctrico y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 4.2 kV/m y el VME para Exposición Ocupacional en 60Hz es 8.3 kV/m

$\%E_{ONRF: 5\text{Hz}-32\text{kHz}}$ Valor de la medición de la exposición de la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5 Hz hasta 32 kHz con respecto a la Rec. ICNFP (98)

VME Valor Máximo de Exposición

ONE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz mediante RM N° 037-2006-MEM/DM

ONE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz mediante RM N° 214-2011-MEM/DM





XII. CONCLUSIONES

- El análisis y control de las mediciones en Radiaciones No Ionizantes en baja frecuencia se realizó tomando en cuenta los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz, indicados en el Código Nacional de Electricidad – Utilización y Suministro (R.M. N° 037-2006-MEM/DM y R.M. N° 214-2011-MEM/DM respectivamente) y en los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (D.S. N° 010-2005-PCM).
- La medición en Radiaciones No Ionizantes en baja frecuencia se realizó en cinco (05) puntos en las inmediaciones de la Estación La Cultura y en cinco (05) puntos en las inmediaciones de la Estación Angamos, pertenecientes a la Línea 1 del tren eléctrico, dichos puntos corresponden a Exposición de tipo Poblacional.
- De las mediciones realizadas en las inmediaciones de la Estación La Cultura y la Estación Angamos, el mayor valor de Inducción Magnética medido, se registró en el Punto B1 de la Estación Angamos (punto de medición CA-TE-EB1, con coordenadas UTM 18L: 282324 E, 8660334 N), siendo el valor RMS de 4.969 μ T en 60Hz; lo que representa el 5.97% con respecto al Valor Máximo de Exposición Poblacional. El mayor valor de Intensidad de Campo Eléctrico medido, se registró en el Punto B5 de la Estación Angamos (punto de medición CA-TE-EB5, con coordenadas UTM 18L: 282300 E, 8660328 N), siendo el valor RMS de 0.6714 V/m en 60 Hz, lo que representa el 0.02% con respecto al Valor Máximo de Exposición Poblacional.
- Dado el análisis de las mediciones de Inducción Magnética en los puntos de medición señalados en la Tabla 9 y Tabla 11 y dado el análisis de la Intensidad de Campo Eléctrico en los puntos de medición señalados en la Tabla 10 y Tabla 12, se concluye que los niveles de Inducción Magnética e Intensidad de Campo Eléctrico, **CUMPLEN** con los Valores Máximos de Exposición Poblacional, establecidos en el Código Nacional de Electricidad (Utilización y Suministro), aprobados por el Ministerio de Energía y Minas.
- Los Monitoreos de Intensidad de Campo Eléctrico e Inducción Magnética tienen la finalidad de evaluar la calidad ambiental, cuya presencia en el ambiente en su calidad de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar el riesgo a la salud humana y el ambiente, en concordancia con los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz.



XIII. RECOMENDACIÓN

- Remitir una copia del presente informe al Área de Electricidad de la Dirección de Supervisión del OEFA.

Atentamente,

Edgar Escriba Gutiérrez
Dirección de Evaluación





27 DIC. 2013

San Isidro,

Visto el INFORME N° 719 -2013-OEFA/DE-SDCA y estando conforme con su contenido, PÓNGASE a consideración de la Subdirección de Calidad Ambiental para los fines correspondientes.

Atentamente,



Ing. Mariella Rossana Atala Alvarez
Coordinadora de Calidad Atmosférica

San Isidro,

27 DIC. 2013

Visto el INFORME N° 719 -2013-OEFA/DE-SDCA y estando conforme con su contenido, PÓNGASE a consideración de la Dirección de Evaluación para los fines correspondientes.

Atentamente,



Ing. Paola Chinen Guima
Subdirectora de Calidad Ambiental

San Isidro,

27 DIC. 2013

De conformidad con el Informe que antecede y estando de acuerdo con su contenido APRUÉBESE el INFORME N° 719 -2013-OEFA/DE-SDCA.

Atentamente,



Ing. Milagros del Pilar Verástegui Salazar
Directora de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

**INFORME N° 719 - 2013-OEFA/DE-SDCA**

PARA : **ING. MARIELLA ROSSANA ATALA ALVAREZ**
Coordinadora de Calidad Atmosférica

ASUNTO : Medición de Radiaciones No Ionizantes en el distrito de San Borja.

REFERENCIA : Plan Operativo Institucional 2013.

FECHA : San Isidro, 27 DIC. 2013

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarla cordialmente y al mismo tiempo, remitirle el presente Informe sobre las mediciones de Radiaciones No Ionizantes en Baja Frecuencia, realizado en el distrito de San Borja el 02 de Diciembre de 2013.

I. ANTECEDENTES

En cumplimiento del Plan Operativo Institucional 2013, la Dirección de Evaluación realizó mediciones de Radiaciones No Ionizantes en Baja Frecuencia en el distrito de San Borja, en relación a las actividades que ésta realiza.

II. INTRODUCCIÓN

En nuestros días, la calidad de vida de la población está relacionada con la aceptación y utilización de la tecnología en la vida diaria tanto a nivel doméstico como en el trabajo. Podemos mencionar la utilización de líneas de transmisión eléctrica, equipos y aparatos industriales, electrodomésticos, alumbrado eléctrico; sistemas y equipos de telecomunicaciones (estaciones emisoras de radio y televisión, estación base celular, redes de comunicaciones, etc.), computadoras, equipos móviles (celulares, agendas inalámbricas, etc.), entre otros. Sin embargo, esto se traduce en el incremento de los niveles de campos electromagnéticos no ionizantes generados por el hombre. Estamos rodeados de campos electromagnéticos en el hogar, en el trabajo, en la calle, en los centros de enseñanza, etc., prácticamente donde quiera que estemos y la tendencia es a incrementar.

En las últimas dos décadas el Perú viene atravesando un crecimiento sustancial en diversas actividades económicas que a su vez está acompañado por un aumento significativo en la demanda del consumo eléctrico y de la capacidad instalada de energía eléctrica. El consumo energético se distribuye entre los sectores de la actividad económica como la minería, la industria (agroindustria, metalúrgico, textiles, alimenticios), los servicios (educación, sanidad, comercio, banca, hostelería, etc.), residencial, alumbrado público.

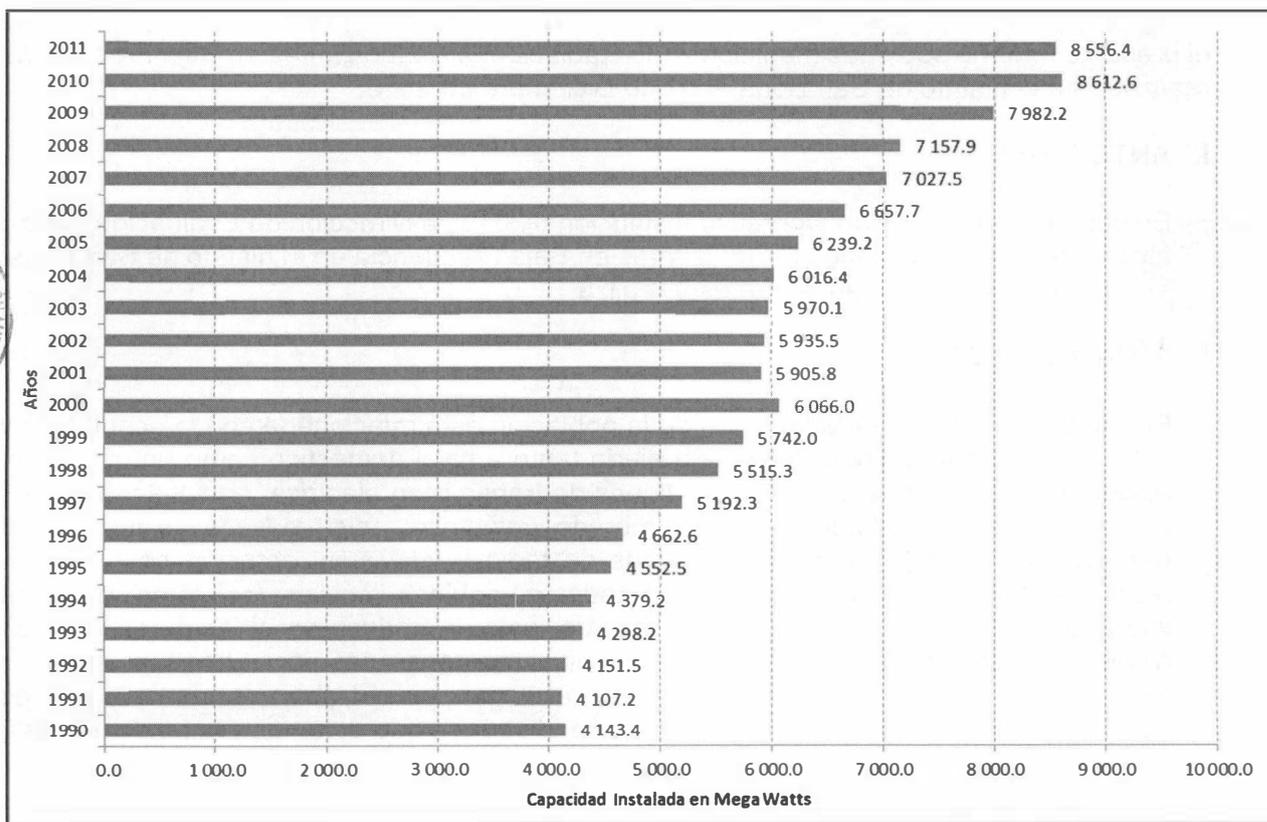
Durante el periodo 1990 al 2011, la capacidad instalada para producir energía eléctrica a nivel nacional tuvo un crecimiento medio anual de 106.5 por ciento. Por lo tanto, dada la demanda, se requiere una mayor potencia instalada de energía eléctrica. En el año 2011, el país tenía una capacidad instalada para producir energía eléctrica de 8.55 GW. Ver Gráfico 1.



Los niveles de los campos eléctricos y magnéticos (CEM) provenientes de las fuentes artificiales básicamente en 60 Hz se han incrementado continuamente en el lapso de la última década. La mayoría de las exposiciones a los CEM vienen con el incremento del uso de la electricidad y las nuevas tecnologías (industria: motores de inducción, soldadura, dispositivos electrónicos, etc).

Con el fin de salvaguardar la salud humana, diversas Organizaciones Internacionales y Entidades Nacionales han establecido Límites Máximos de Exposición a Campos Electromagnéticos, que permiten proteger la salud pública y/o de los trabajadores que se encuentren expuestos a campos electromagnéticos.

Grafico 1. Capacidad Instalada de Energía Eléctrica del Perú.



Fuente: CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

En nuestro país se han establecido Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Radiaciones No Ionizantes, aprobados el 02 de Febrero de 2005, mediante el Decreto Supremo N° 010-2005-PCM, acogiendo los Límites Máximos para Exposición Poblacional de las Recomendaciones del International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Cabe mencionar que la OMS acoge y recomienda adoptar los Límites Máximos de Exposición a Campos Electromagnéticos propuestos por ICNIRP.

Los Monitoreos de Intensidad de Campo Eléctrico e Inducción Magnética tienen la finalidad de asegurar el bienestar y la salud de los trabajadores y la población local, así como la protección del medio ambiente y de las actividades económicas de la zona, en concordancia con los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos

(60Hz) indicados en el Código Nacional de Electricidad – (Utilización y Suministro) y en los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (ECA – RNI).

EMISIONES DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Los campos electromagnéticos son fenómenos naturales que siempre han estado presentes. Estos campos naturales son de origen magnético (como el producido por el giro del núcleo de hierro de la Tierra) y eléctrico (como el que da lugar en las tormentas).

Las ondas electromagnéticas, en particular, son variaciones de los campos eléctrico y magnético que se propagan por el aire atenuándose con la distancia. De hecho, la atenuación que experimentan las ondas electromagnéticas al propagarse por el espacio es tan elevada que a unos pocos metros de las fuentes radiantes, los niveles de emisión de las mismas son muy pequeños.

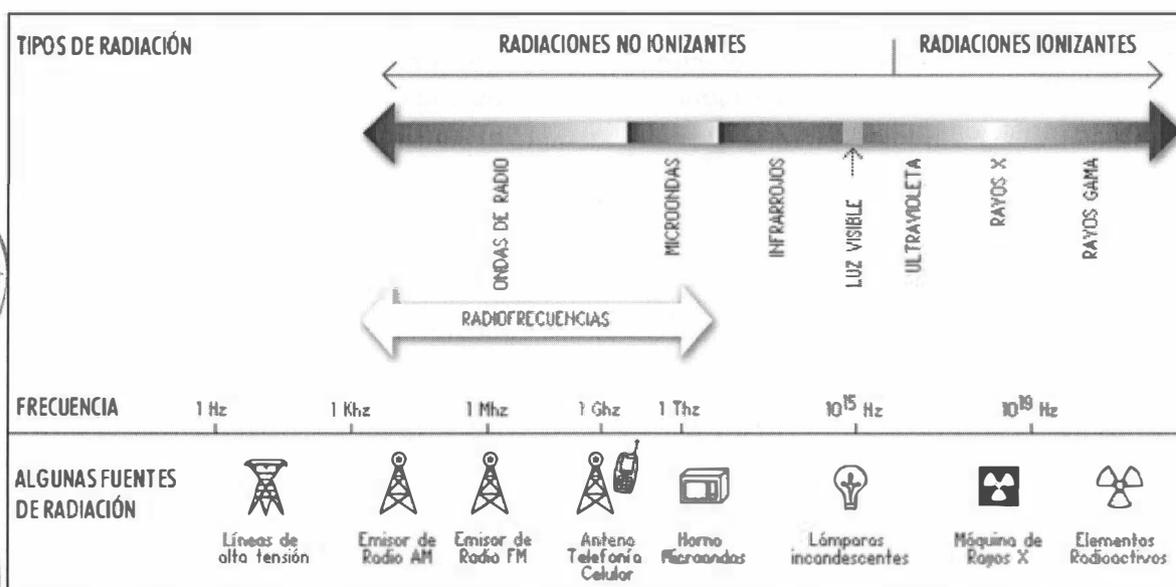


Figura 1. Espectro radioeléctrico

Tipos de Emisiones de los Campos Electromagnéticos

Las emisiones electromagnéticas pueden ser de 2 tipos, dependiendo de la frecuencia de emisión. En la figura 1, se puede ver la clasificación de las diferentes emisiones existentes en estos dos grandes grupos.

Emisiones ionizantes: Son aquellas provocadas por emisiones de alta frecuencia, como los rayos X o los rayos ultravioleta. Su energía es tan elevada que pueden provocar alteraciones en las moléculas de las células vivas, y según su utilización producir efectos beneficiosos o perjudiciales.

- **Emisiones no ionizantes:** Son las provocadas por emisiones de baja frecuencia, como aquellas empleadas en sistemas de telefonía móvil, difusión de radio y televisión. Las emisiones no ionizantes no disponen de energía suficiente para ionizar la materia, por lo que no afecta a la estructura atómica y molecular de los tejidos vivos.



El conjunto de todas las posibles ondas electromagnéticas configura el espectro electromagnético. Las ondas utilizadas por la telefonía móvil se incluyen entre las llamadas ondas de radio, en concreto con frecuencias entre 800 y 1900 MHz. Ver Figura 1.

Tipos de Exposición de los Campos Electromagnéticos

- **Exposición Ocupacional:** es la población expuesta ocupacionalmente conformada por adultos que generalmente están expuestos como consecuencia de su ocupación y desempeño, y están completamente conscientes del potencial de exposición y pueden ejercer el control y tomar las protecciones adecuadas. Los límites de exposición ocupacional se aplican en dependencia de la frecuencia y del tiempo de exposición del cuerpo completo.
- **Exposición Poblacional:** Se aplica para el público en general de todas las edades y de estados de salud variables, en muchos casos las personas expuestas no están conscientes del potencial de la exposición o no puedan ejercer control sobre dicha exposición a los campos electromagnéticos. Son estas consideraciones los motivos para la adopción de restricciones más estrictas a la exposición del público que para la exposición de tipo ocupacional.



III. OBJETIVO

Realizar mediciones en Radiaciones No Ionizantes en Baja Frecuencia en el distrito de San Borja, en cinco (05) puntos en las inmediaciones de la Estación La Cultura y en cinco (05) puntos en las inmediaciones de la Estación Angamos, perteneciente ambas estaciones a la empresa Línea 1 del tren eléctrico.

IV. MARCO ESPECIFICO PARA LAS MEDICIONES Y ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

La Normativa técnica aplicable para el análisis e interpretación de datos de las mediciones en radiaciones no ionizantes en baja frecuencia es:



- Constitución Política del Perú (29/12/1993)
Artículo 2: Toda persona tiene derecho: a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.
- Ley N° 28611, "Ley General del Ambiente" (13/10/2005)
Título Preliminar Derecho y Principios
Artículo I: Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.
- Decreto Legislativo N° 1013, "Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente" (13/05/2008)
- Decreto Legislativo N° 1039, "Decreto Legislativo que modifica las Disposiciones del Decreto Legislativo N° 1013" (25/06/2008)
- Segunda Disposición Complementaria Final del Decreto Legislativo N° 1013, "Creación de Organismos Públicos Adscritos al Ministerio del Ambiente (Organismo de





Evaluación y Fiscalización Ambiental, y Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas)"

- Decreto Supremo N° 022-2009-MINAM, "Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental" (01/12/2009)
- Ley N° 29325 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, que otorga al OEFA, funciones de supervisión y fiscalización ambiental
- R.M. N° 037-2006-MEM/DM: "Código Nacional de Electricidad – Utilización", establece los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz (30/01/2006)

Cuadro 1: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para RNI

| Rango de Frecuencias (f) | Intensidad de Campo Eléctrico (E) (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (H) (A/m) | Densidad de Flujo Magnético (B) (μT) | Densidad de Potencia (S_{eq}) (W/m^2) | Principales aplicaciones (no restrictiva) |
|--------------------------|---|---|---|---|---|
| Hasta 1 Hz | - | $3,2 \times 10^4$ | 4×10^4 | - | Líneas de energía para trenes eléctricos, resonancia magnética |
| 1 - 8 Hz | 10 000 | $3,2 \times 10^4 / f^2$ | $4 \times 10^4 / f^2$ | - | |
| 8 - 25 Hz | 10 000 | $4 000 / f$ | $5 000 / f$ | - | Líneas de energía para trenes eléctricos |
| 25 - 0.8 kHz | $250 / f$ | $4 / f$ | $5 / f$ | - | Redes de energía eléctrica, líneas de energía para trenes, monitores de video |
| 0.8 - 3 kHz | $250 / f$ | 5 | 6.25 | - | Monitores de video |
| 3 - 150 kHz | 87 | 5 | 6.25 | - | Monitores de video |
| 0.15 - 1 MHz | 87 | $0,73 / f$ | $0,92 / f$ | - | Radio AM |
| 1 - 10 MHz | $87 / f^{0.5}$ | $0,73 / f$ | $0,92 / f$ | - | Radio AM, diatermia |
| 10 - 400 MHz | 28 | 0,073 | 0,092 | 2 | Radio FM, TV VHF, Sistemas móviles y de radionavegación aeronáutica, teléfonos inalámbricos, resonancia magnética, diatermia |
| 400 - 2000 MHz | $1,375 f^{0.5}$ | $0,0037 f^{0.5}$ | $0,0046 f^{0.5}$ | $f / 200$ | TV UHF, telefonía móvil celular, servicio troncalizado, servicio móvil satelital, teléfonos inalámbricos, sistemas de comunicación personal |
| 2 - 300 GHz | 61 | 0,18 | 0,20 | 10 | Redes de telefonía inalámbrica, comunicaciones por microondas y vía satélite, radares, hornos microondas |

1. f está en la frecuencia que se indica en la columna Rango de Frecuencias

2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , y B^2 , deben ser promediados sobre cualquier período de 6 minutos.

3. Para frecuencias por encima de 10 GHz, S_{eq} , E^2 , H^2 , y B^2 , deben ser promediados sobre cualquier período de $60 / f^{1.05}$ minutos (f en GHz).

- El Código Nacional de Electricidad – "Utilización" incluye una sección para la "Protección Ambiental", que contiene las prescripciones generales para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y mantenimiento de instalaciones para la utilización de energía eléctrica; con el propósito de proveer un resumen de directivas ambientales específicas al sector eléctrico, en tanto las regulaciones ambientales generales del país se encuentren totalmente desarrollados. Para Radiaciones No Ionizantes en Baja Frecuencia se establecen los "Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz", adoptando las Recomendaciones de la Internacional Comisión on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).
- R.M. N° 214-2011-MEM/DM: "Código Nacional de Electricidad – Suministro" (29/04/2011)



- El Código Nacional de Electricidad – “Suministro” presenta la necesidad de evitar ocasionar mayor impacto en el ambiente, señalando en la Regla 212 los valores máximos de radiaciones no ionizantes para 60 Hz, referidas a campos eléctricos y magnéticos, adoptándose las recomendaciones del ICNIRP y del IARC (International Agency for Research on Cancer) para exposición ocupacional de día completo o exposición de público.
- D.S. N° 010-2005-PCM: “Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes” (02/02/2005)

Los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes son instrumentos de gestión ambiental prioritarios para prevenir y planificar el control de la contaminación por radiaciones no ionizantes sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible; y establecen los niveles máximos de intensidad de campo de las radiaciones no ionizantes, cuya presencia en el ambiente en su calidad de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar el riesgo a la salud humana y el ambiente. Estos estándares se consideran primarios por estar destinados a la protección de la salud humana.



Las Recomendaciones ICNIRP han sido adoptadas por la Organización Mundial de la Salud y son la de mayor aceptación en el mundo. Además sirven de base para los estándares de Alemania, Australia, Nueva Zelanda, Japón, a la Unión Europea, y otros países.

V. VALORES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS PARA 60 Hz “CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD”

En las zonas de trabajo (exposición ocupacional), así como en lugares públicos (exposición poblacional), no se deben superar los presentes valores. En la Tabla 1, se presentan los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos para líneas eléctricas de 60Hz, que se encuentra en el Código Nacional de Electricidad – Utilización 2006 y Suministro 2011.

- ✓ La medición de estos valores se debe realizar a un metro de altura sobre el nivel del piso, en sentido transversal al eje de la línea hasta el límite de la zona de servidumbre.

Tabla 1. Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos para 60 Hz

| Tipo de Exposición | E(kV/m) | B(μT) |
|------------------------|---------|-------|
| Exposición poblacional | 4,2 | 83,3 |
| Exposición ocupacional | 8,3 | 416,7 |

Donde:

- E: Intensidad de Campo Eléctrico, medida en kVoltios/metro (kV/m)
- B: Densidad de Flujo Magnético o Inducción Magnética (μT)





VI. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PRODUCIDOS POR LAS ACTIVIDADES DE TELECOMUNICACIONES

Con la finalidad de brindar seguridad a la población frente a la exposición de las radiaciones de los campos electromagnéticos muchos países han adoptado Recomendaciones y Estándares.

6.1 Recomendaciones ICNIRP

Se establecen recomendaciones para limitar la exposición a los Campos Electromagnéticos con el objeto de proveer protección contra efectos adversos a la salud conocidos.

Tabla 2. Límites Máximos Permisibles ICNIRP – Exposición Poblacional

| Rango de Frecuencias | Intensidad de Campo Eléctrico (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (A/m) | Densidad de Flujo Magnético (μ T) | Densidad de Potencia (W/m^2) |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| Hasta 1 Hz | – | 3.2×10^4 | 4×10^4 | – |
| 1 – 8 Hz | 10 000 | $3.2 \times 10^4 / f^2$ | $4 \times 10^4 / f^2$ | – |
| 8 – 25 Hz | 10 000 | $4000 / f$ | $5000 / f$ | – |
| 0.025 – 0.8 KHz | $250 / f$ | $4 / f$ | $5 / f$ | – |
| 0.8 – 3 KHz | $250 / f$ | 5 | 6.25 | – |
| 3 – 150 KHz | 87 | 5 | 6.25 | – |
| 0.15 – 1 MHz | 87 | $0.73 / f$ | $0.92 / f$ | – |
| 1 – 10 MHz | $87 / f^{0.5}$ | $0.73 / f$ | $0.92 / f$ | – |
| 10 – 400 MHz | 28 | 0.073 | 0.092 | 2 |
| 400 – 2000 MHz | $1.375 f^{0.5}$ | $0.0037 f^{0.5}$ | $0.0046 f^{0.5}$ | $f / 200$ |
| 2 – 300 GHz | 61 | 0.16 | 0.20 | 10 |

f , en las unidades que se indican en la columna de rango de frecuencia

La Radiación No Ionizantes (RNI) engloba toda la radiación y los campos del espectro electromagnético que no tienen suficiente energía para ionizar la materia. Pero, al igual que cualquier forma de energía, la energía RNI tiene el potencial necesario para interactuar con los sistemas biológicos, y las consecuencias pueden ser irrelevantes, perjudiciales en diferentes grados o beneficiosas.

A continuación en la Tabla 2 y Tabla 3, se presentan los Límites Máximos Permisibles de la "International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection" (ICNIRP) para el caso de exposición de público en general (poblacional) y ocupacional (laboral), respectivamente, para el rango de frecuencias desde > 0 Hz hasta 300 GHz.

Las Recomendaciones de la "International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection" (ICNIRP), son las de mayor aceptación en el mundo, y sirven de base para los estándares de Alemania, Australia – Nueva Zelanda, Brasil, Bolivia, Chile, Japón, Perú, la Unión Europea, y otros países e instituciones.

Tabla 3. Límites Máximos Permisibles ICNIRP – Exposición Ocupacional

| Rango de Frecuencias | Intensidad de Campo Eléctrico (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (A/m) | Densidad de Flujo Magnético (μT) | Densidad de Potencia (W/m^2) |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| Hasta 1 Hz | – | 1.63×10^5 | 2×10^5 | – |
| 1 – 8 Hz | 20 000 | $1.63 \times 10^5 / f^2$ | $2 \times 10^5 / f^2$ | – |
| 8 – 25 Hz | 20 000 | $2 \times 10^4 / f$ | $2.5 \times 10^4 / f$ | – |
| 0.025 – 0.82 KHz | $500 / f$ | $20 / f$ | $25 / f$ | – |
| 0.82 – 65 KHz | 610 | 24,4 | 30,7 | – |
| 0.065 – 1 MHz | 610 | $1.6 / f$ | $2 / f$ | – |
| 1 – 10 MHz | $610 / f$ | $1.6 / f$ | $2 / f$ | – |
| 10 – 400 MHz | 61 | 0.16 | 0.2 | 10 |
| 400 – 2000 MHz | $3 f^{0.5}$ | $0.008 f^{0.5}$ | $0.01 f^{0.5}$ | $f / 40$ |
| 2 – 300 GHz | 137 | 0.36 | 0.45 | 50 |

f , en las unidades que se indican en la columna de rango de frecuencia

Dónde:

- E: Intensidad de Campo Eléctrico, medido en Voltios/metro (V/m)
- H: Intensidad de Campo Magnético, medido en Amperio/metro (A/m)
- B: Densidad de Flujo Magnético, medido en micro Teslas (μT)
- S: Densidad de Potencia, medido en Vatios/metro-cuadrado (W/m^2)

VII. PROTOCOLO DE MEDICIONES DE CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS EN BAJA FRECUENCIA (LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN)

Las mediciones se realizan en base al estándar IEEE 644 "Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines".

Consideraciones Generales

1. Asegurar que no existen otras fuentes de campo electromagnético en la proximidad (1 m) del punto de medición. Esas otras fuentes pueden ser los artefactos eléctricos, los focos incandescentes, etc.
2. Las mediciones se realizan a una altura de un metro (1 m) sobre el piso. Se considerarán mediciones en otras alturas cuando sea necesario.
3. Para evitar perturbaciones y/o errores en la medición del campo eléctrico, se recomienda que el operador mantenga una distancia prudencial de la sonda (mayor a 2.5 metros).
4. Durante la medición del campo magnético, el operador puede estar cerca de la sonda debido a que no perturbará el campo magnético a medirse.

Mediciones

1. Ubicado el punto de medición se procede con la conexión de la sonda de campo magnético y se inicia automáticamente el test de calibración y verificación de la misma.
2. Se realiza mediciones RMS y pico del campo magnético (B) para 60 Hz. Se toma nota de los valores máximos.
3. Luego se toman lecturas del máximo porcentaje de exposición ocupacional o poblacional, según sea el caso para un rango de frecuencia de 5 Hz a 32 kHz, de acuerdo a las recomendaciones del ICNIRP (98), con el fin de considerar los armónicos de 60Hz y otras fuentes de baja frecuencia diferente de 60 Hz.



4. Terminada la medición de campo magnético se procede a instalar la sonda de campo eléctrico y se repiten los pasos 1 al 3.
5. Durante las mediciones de Campo Eléctrico e inducción Magnética se recolecta la siguiente información:
 - Coordenadas UTM, altitud, fecha y hora.
 - Detalle de los sitios expuestos (croquis y vistas del lugar).
 - Registro fotográfico de la zona y de la medición.
 - Otras informaciones relevantes

VIII. EQUIPO DE MONITOREO PARA BAJA FRECUENCIA

Se utilizó el analizador de campo electromagnético para baja frecuencia, marca W&G-NARDA, modelo EFA-300, equipado con sondas (sensores) de campo magnético y de campo eléctrico (cada sensor con características isotrópicas). Este analizador de campo electromagnético, consta de un módulo principal de procesamiento y dos sensores independientes, uno para campo eléctrico y otro para campo magnético. Cada sensor, de características isotrópicas, toma muestras de campo electromagnético en los tres ejes que luego son procesadas digitalmente en el equipo. Sus certificados de calibración se encuentran vigentes y han sido emitidos por los Laboratorios de NARDA en Alemania. Esta certificación garantiza la exactitud y calidad de las mediciones realizadas tanto de campo eléctrico como campo magnético. En la Figura 2, se muestra medidor de campo eléctrico y magnético para baja frecuencia

Las especificaciones generales del equipo de monitoreo se muestran en el Cuadro 2:

Cuadro 2: Especificaciones generales del equipo de monitoreo para baja frecuencia

| Especificaciones | Campo Magnético (B) Sensor 100 cm ² | Campo Eléctrico (E) |
|--|---|-------------------------|
| Sensor | Sistema Integrado de Bobinas | Electrodo |
| Característica direccional | Tri-axial (isotrópico) o por ejes (seleccionable) | |
| Rango de frecuencia (banda ancha), seleccionable | 5 Hz a 2 kHz, 30 Hz a 2 kHz, 5 Hz a 32 kHz ó 30 Hz a 32 kHz | |
| Rango de frecuencia (filtros pasabanda / banda eliminada), seleccionable | 15 Hz a 2 kHz | |
| Lecturas, seleccionable | Valor RMS (promediado = 1 segundo) o valor de pico (con la fase correcta) | |
| Rango de medida | 4 nT (sonda de 100 cm ²) a 32mT | 0,7 V/m a 100 kV/m |
| Modo STD, rango de frecuencia | 5 Hz a 32 kHz | |
| Rango de medida STD (ICNIRP ocupacional) | < 0,4 % a 200 % (campo H) | < 5 % a 200 % (campo E) |
| Rango de frecuencia FFT | 5 Hz a 2 kHz . 40 Hz a 32 kHz | |
| Resolución de frecuencia en el modo FFT | 0,01 Hz ó 0,1 Hz | |

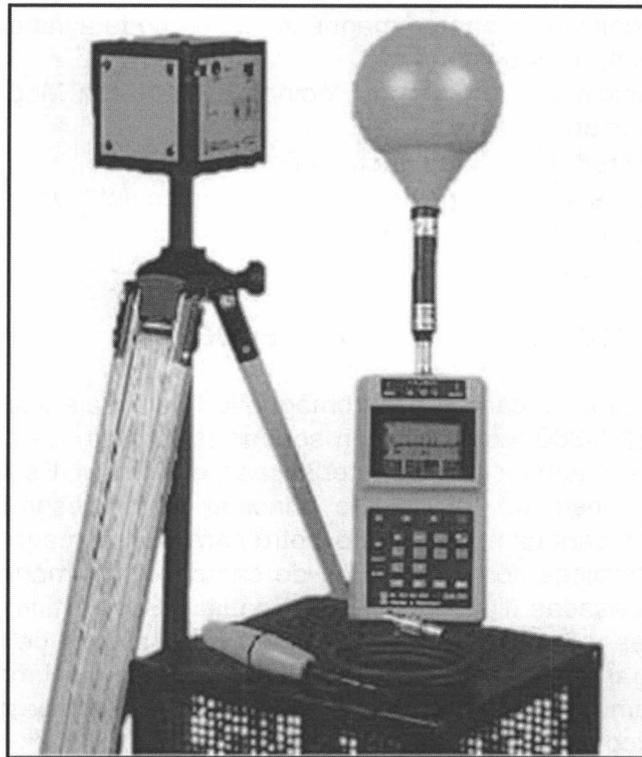


Figura 2: Medidor de campo eléctrico y magnético para baja frecuencia

Para garantizar la exactitud y calidad de las mediciones realizadas, el equipo debe contar con sus certificados de calibración vigentes y emitidos por el fabricante.

IX. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIONES

Las mediciones realizadas en Radiaciones No Ionizantes en baja frecuencia, corresponde al distrito de San Borja.

Distrito de San Borja

El distrito de San Borja es uno de los 43 distritos de la Provincia de Lima, ubicada en el Departamento de Lima, Perú.

Limita al norte con el distrito de San Luis, el distrito de La Victoria, y el distrito de Ate, al este con el distrito de Santiago de Surco, al sur con el distrito de Surquillo y al oeste con el distrito de San Isidro.

Su coordenada geográfica es Latitud Sur: $12^{\circ} 06' 0''$ y Longitud Oeste: $77^{\circ} 01' 0''$.

El distrito de San Borja cuenta con una población estimada de 133,486 habitantes (fuente: INEI – 2007), con una superficie de 9.96 Km², teniendo una densidad poblacional de 13,402.2 habitantes / Km². Ver Plano 1.





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad Alimentaria"

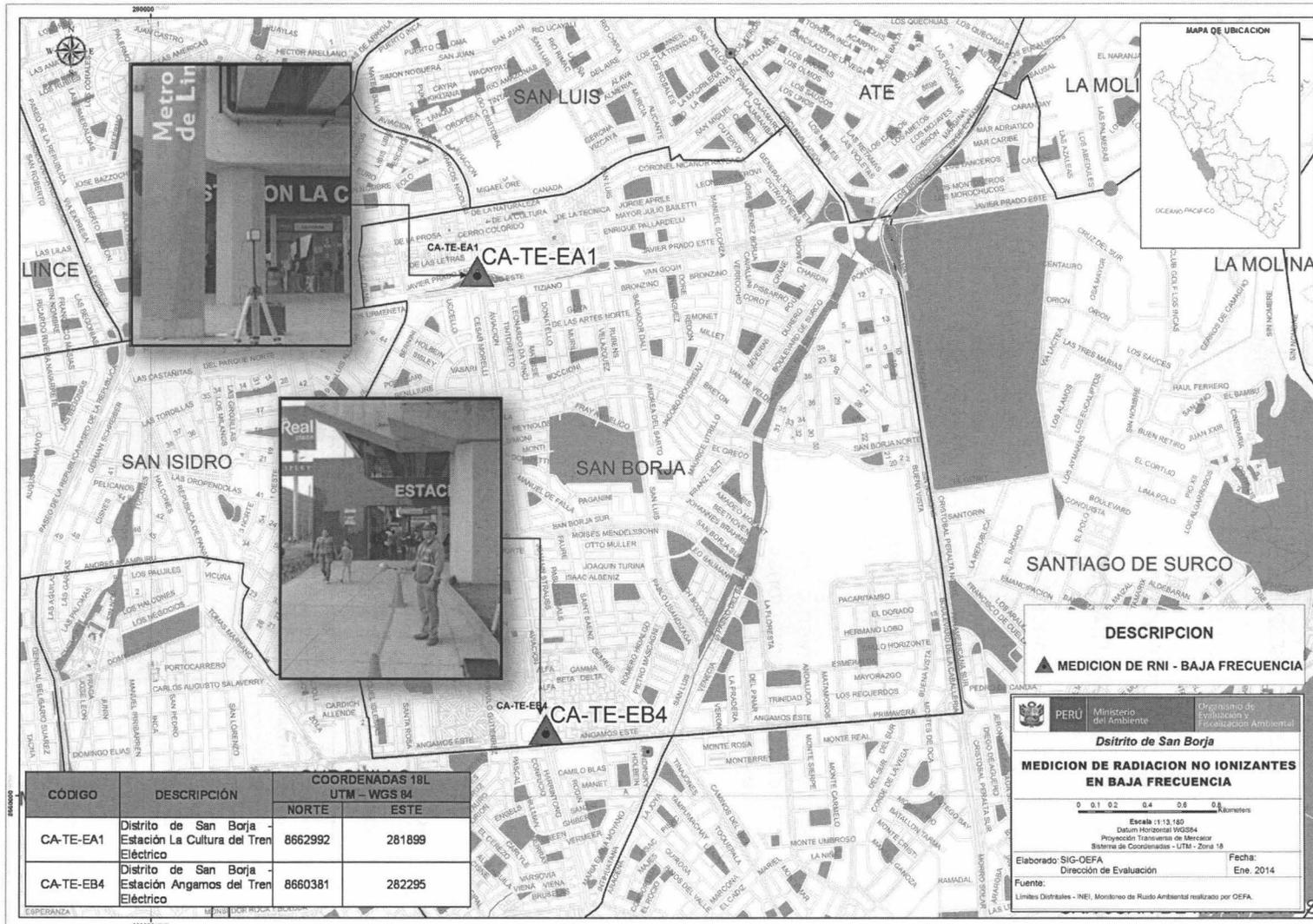


Table with 4 columns: CÓDIGO, DESCRIPCIÓN, COORDENADAS 18L UTM - WGS 84 (NORTE, ESTE). Rows include CA-TE-EA1 and CA-TE-EB4.

DESCRIPCION: MEDICION DE RNI - BAJA FRECUENCIA. Includes scale bar, scale information, and source details.

Plano 1. Puntos de medición del distrito de San Borja (baja frecuencia).



Tabla 4. Ubicación de las estaciones del tren eléctrico

| Site | Coordenadas UTM 18 L | | Estación del Tren Eléctrico | Distrito |
|----------|----------------------|-----------|--|-----------|
| CA-TE-EA | 281910 E | 8662993 N | Estación La Cultura de la Línea 1 Av. Javier Prado / Av. Aviación | San Borja |
| CA-TE-EB | 282305 E | 8660331 N | Estación Angamos de la Línea 1 Av. Angamos / Av. Aviación | San Borja |

CA-TE-Ei: Calidad Atmosferica en el Tren Eléctrico de la estación *i*.

X. MEDICIONES DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES

Las mediciones de Radiaciones No Ionizantes en baja frecuencia (trabajo de campo) se realizó el día 02 de Diciembre del 2013 en la Estación la Cultura y en la Estacion Angamos del distrito de San Borja. Consistió en medir cuantitativamente la intensidad de campo eléctrico e inducción magnética, mediendose:

1. Inducción magnética máxima RMS en 60 Hz.
2. Inducción magnética máxima RMS en el rango de 5Hz a 32 kHz, incluyendo fuentes naturales y artificiales.
3. Porcentaje de cumplimiento de la inducción magnética con respecto de las Recomendaciones Internacional Comisión on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) para exposición poblacional en el rango de 5Hz a 32 kHz incluyendo fuentes naturales y artificiales. Ver la tabla 9.
4. Intensidad de campo eléctrico máximo RMS en 60 Hz.
5. Intensidad de campo eléctrico máximo RMS en el rango de 5 Hz a 32 kHz incluyendo fuentes naturales y artificiales.
6. Porcentaje de cumplimiento del campo eléctrico con respecto de las Recomendaciones ICNIRP para exposición poblacional en el rango de 5Hz a 32 kHz incluyendo fuentes naturales y artificiales. Ver la tabla 10.
7. Toma de coordenadas UTM (DATUM WGS 84), altitud y registro fotográfico de los puntos de medición.

a. Mediciones de Radiaciones No Ionizantes en la Estación La Cultura

TABLA 5. MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA "AV. JAVIER PRADO / AV. AVACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Ubicación Geográfica | | | | | B (uT) | | | Fecha de Medición | Hora Inicio | Tipo de Exp. |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|-----|-----------|---------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|
| | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | | RMS 60 Hz | RMS 5Hz-32kHz | % ICNIRP 5Hz-32kHz | | | |
| CA-TE-EA1 | 281899 | E | 8662992 | N | 164 | 0.9568 | 0.920 | 2.098% | 02/12/2013 | 09:50 | Poblacional |
| CA-TE-EA2 | 281903 | E | 8662998 | N | 164 | 0.0866 | 0.234 | 0.963% | 02/12/2013 | 10:27 | Poblacional |
| CA-TE-EA3 | 281916 | E | 8663002 | N | 164 | 0.0508 | 0.227 | 0.922% | 02/12/2013 | 11:03 | Poblacional |
| CA-TE-EA4 | 281914 | E | 8662996 | N | 164 | 1.2420 | 1.224 | 2.403% | 02/12/2013 | 11:40 | Poblacional |
| CA-TE-EA5 | 281880 | E | 8663139 | N | 164 | 0.0542 | 0.229 | 0.981% | 02/12/2013 | 12:18 | Poblacional |

$B_{RMS}(\mu T)$: 60Hz

Valor RMS de la inducción magnética medida en 60Hz

$B_{VectPeak}(\mu T)$: 60Hz

Valor pico de la inducción magnética medida en 60Hz

$B_{RMS}(\mu T)$: 5Hz-32KHz

Valor RMS de la inducción magnética medida en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

$\%B_{ICNIRP}$: 5Hz-32KHz

Valor medido de exposición a la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

TABLA 6. MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO "AV. JAMER PRADO / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Ubicación Geográfica | | | | E (V/m) | | | Fecha de Medición | Hora Inicio | Tipo de Exp. | |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|-----------|---------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | RMS 60 Hz | RMS 5Hz-32kHz | % ICNIRP 5Hz-32kHz | | | | |
| CA-TE-EA1 | 281899 | E | 8662992 | N | 164 | 0.09549 | 6.82800 | 14.99% | 02/12/2013 | 10:09 | Poblacional |
| CA-TE-EA2 | 281903 | E | 8662998 | N | 164 | 0.08624 | 4.51200 | 14.67% | 02/12/2013 | 10:46 | Poblacional |
| CA-TE-EA3 | 281916 | E | 8663002 | N | 164 | 0.10220 | 5.05700 | 14.64% | 02/12/2013 | 11:22 | Poblacional |
| CA-TE-EA4 | 281914 | E | 8662996 | N | 164 | 0.08850 | 4.61700 | 15.27% | 02/12/2013 | 11:59 | Poblacional |
| CA-TE-EA5 | 281880 | E | 8663139 | N | 164 | 0.07710 | 4.46100 | 14.25% | 02/12/2013 | 12:37 | Poblacional |

$E_{RMS}(V/m): 60Hz$

Valor RMS de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

$E_{VectPeak}(V/m): 60Hz$

Valor pico de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

$E_{RMS}(V/m): 5Hz-32KHz$

Valor RMS de la intensidad de campo eléctrico medida en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

$\%E_{ICNIRP}: 5Hz-32KHz$

Valor medido de la exposición a la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

CA-TE-EA: Calidad Atmosferica en el Tren Eléctrico de la estación A.

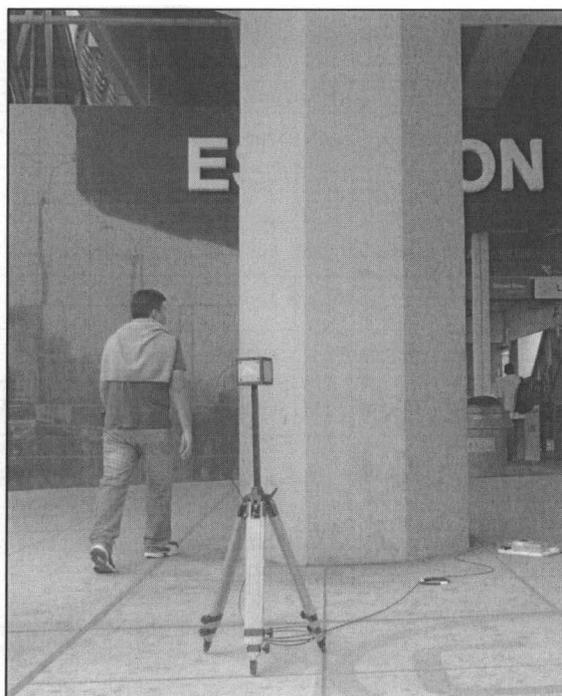
- ✓ Las mediciones en porcentaje de exposición en el rango de 5Hz a 32 KHz, aseguran la inclusión de la suma de los campos eléctricos y magnéticos en dicho rango, presentes en las zonas de medición, producidos por fuentes generadoras naturales y artificiales (frecuencia fundamental 60Hz y sus armónicos).

Fotografía N° 01

Fotografía N° 02

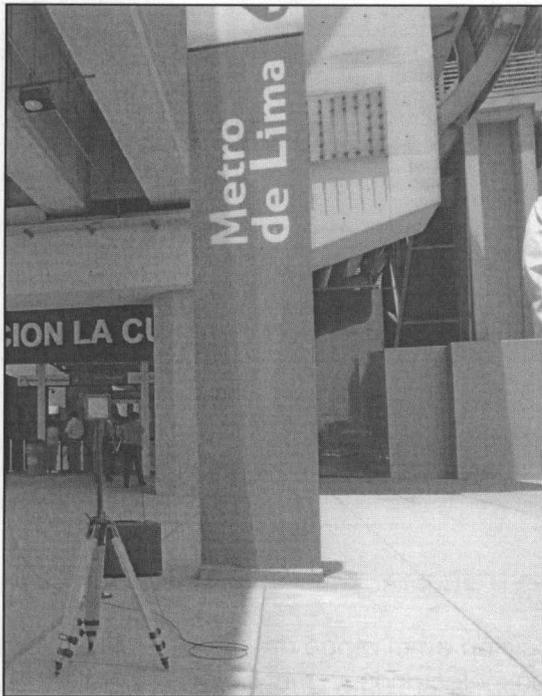


Coordenadas: 18L 281899 E, 8662992 N
Fuente: OEFA

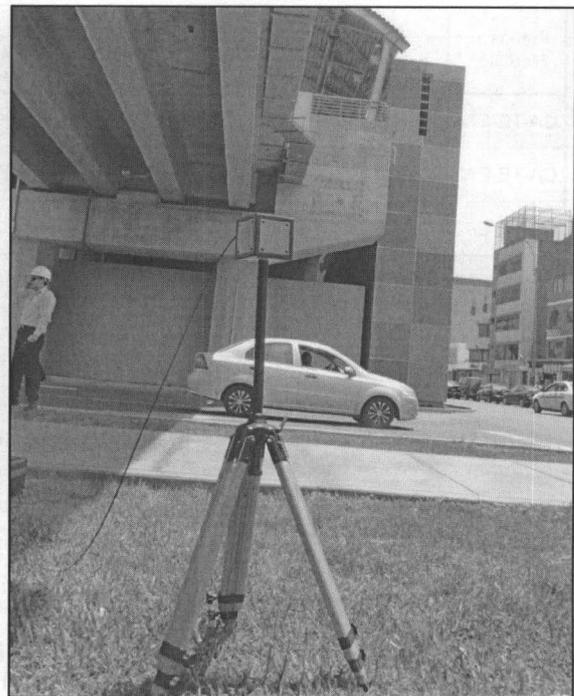


Coordenadas: 18L 281903 E, 8662998 N
Fuente: OEFA

Fotografía N° 03


 Coordenadas: 18L 281914 E, 8663139 N
 Fuente: OEFA

Fotografía N° 04


 Coordenadas: 18L 281880 E, 8663139 N
 Fuente: OEFA

b. Mediciones de Radiaciones No Ionizantes en la Estación Angamos
TABLA 7. MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA "AV. ANGAMOS / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Ubicación Geográfica | | | | B (uT) | | | Fecha de Medición | Hora Inicio | Tipo de Exp. |
|--------------------|---------------------------|-----------|----------------|-----------|---------------|--------------------|------------|-------------------|-------------|--------------|
| | Coordenadas UTM Zona 18 L | | Altitud (msnm) | RMS 60 Hz | RMS 5Hz-32kHz | % ICNIRP 5Hz-32kHz | | | | |
| CA-TE-EB1 | 282324 | E 8660334 | N 137 | 4.9690 | 5.027 | 6.643% | 02/12/2013 | 14:25 | Poblacional | |
| CA-TE-EB2 | 282308 | E 8660350 | N 137 | 0.1871 | 0.261 | 0.779% | 02/12/2013 | 15:04 | Poblacional | |
| CA-TE-EB3 | 282305 | E 8660384 | N 137 | 0.1013 | 0.215 | 0.649% | 02/12/2013 | 15:40 | Poblacional | |
| CA-TE-EB4 | 282295 | E 8660381 | N 137 | 0.1316 | 0.191 | 0.662% | 02/12/2013 | 16:16 | Poblacional | |
| CA-TE-EB5 | 282300 | E 8660328 | N 137 | 4.3480 | 4.430 | 6.120% | 02/12/2013 | 16:53 | Poblacional | |

 $B_{RMS}(\mu T)$: 60Hz

Valor RMS de la inducción magnética medida en 60Hz

 $B_{VectPeak}(\mu T)$: 60Hz

Valor pico de la inducción magnética medida en 60Hz

 $B_{RMS}(\mu T)$: 5Hz-32KHz

Valor RMS de la inducción magnética medida en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

 $\%B_{ICNIRP}$: 5Hz-32KHz

Valor medido de exposición a la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

CA-TE-EB: Calidad Atmosferica en el Tren Eléctrico de la estación B.





TABLA 8. MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO "AV. ANGAMOS / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Ubicación Geográfica | | | | E (V/m) | | | Fecha de Medición | Hora Inicio | Tipo de Exp. | |
|-----------------------|---------------------------|---|---------|---|--------------|------------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------|-------------|
| | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | RMS 60 Hz | RMS 5Hz-32kHz | % ICNIRP 5Hz-32kHz | | | | |
| CA-TE-EB1 | 282324 | E | 8660334 | N | 137 | 0.38160 | 4.53800 | 14.38% | 02/12/2013 | 14:44 | Poblacional |
| CA-TE-EB2 | 282308 | E | 8660350 | N | 137 | 0.20340 | 4.41500 | 15.00% | 02/12/2013 | 15:23 | Poblacional |
| CA-TE-EB3 | 282305 | E | 8660384 | N | 137 | 0.42700 | 4.61600 | 14.40% | 02/12/2013 | 15:59 | Poblacional |
| CA-TE-EB4 | 282295 | E | 8660381 | N | 137 | 0.24160 | 6.07900 | 14.14% | 02/12/2013 | 16:35 | Poblacional |
| CA-TE-EB5 | 282300 | E | 8660328 | N | 137 | 0.67140 | 4.38200 | 14.41% | 02/12/2013 | 17:12 | Poblacional |

 E_{RMS} (V/m): 60Hz

Valor RMS de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

 $E_{VectPeak}$ (V/m): 60Hz

Valor pico de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

 E_{RMS} (V/m): 5Hz-32KHz

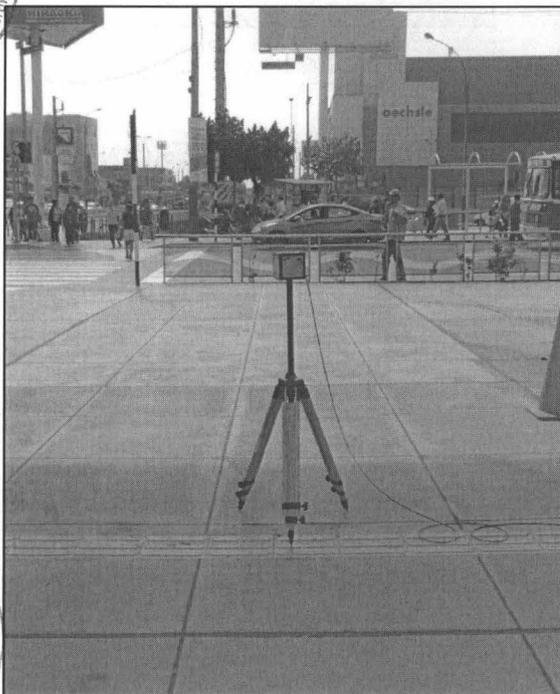
Valor RMS de la intensidad de campo eléctrico medida en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

% E_{ICNIRP} : 5Hz-32KHz

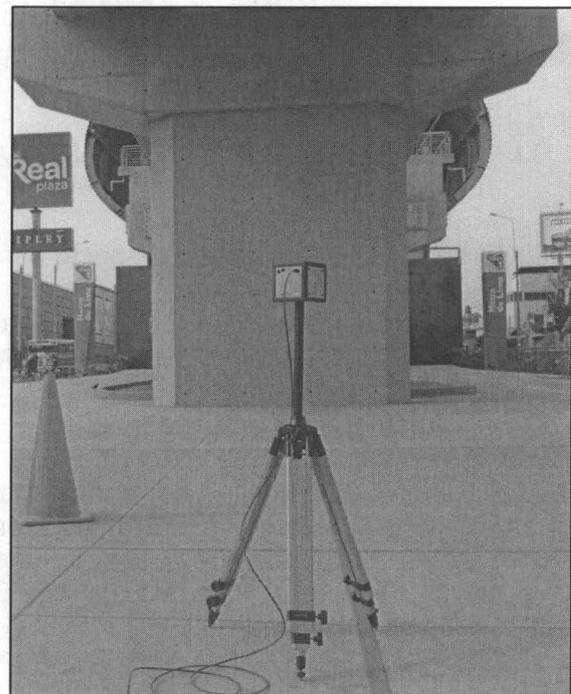
Valor medido de la exposición a la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

CA-TE-EB: Calidad Atmosferica en el Tren Eléctrico de la estación B.

Fotografía N° 05

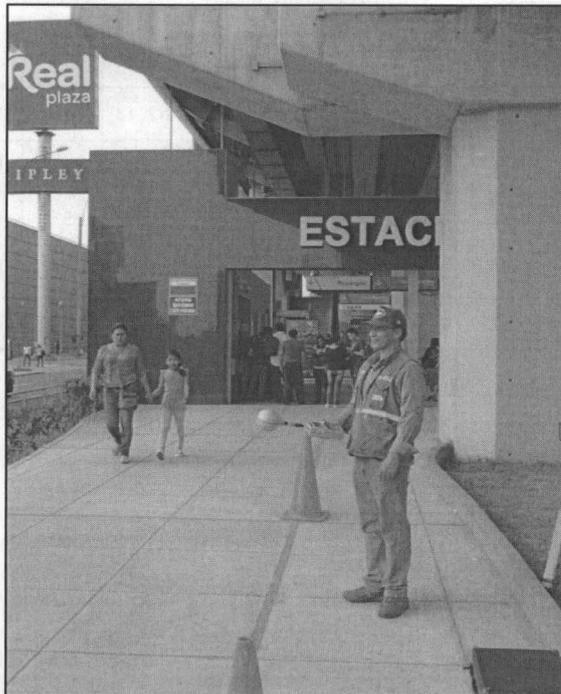
Coordenadas: 18L 282324 E, 8660334 N
Fuente: OEFA

Fotografía N° 06

Coordenadas: 18L 282308 E, 8660350 N
Fuente: OEFA

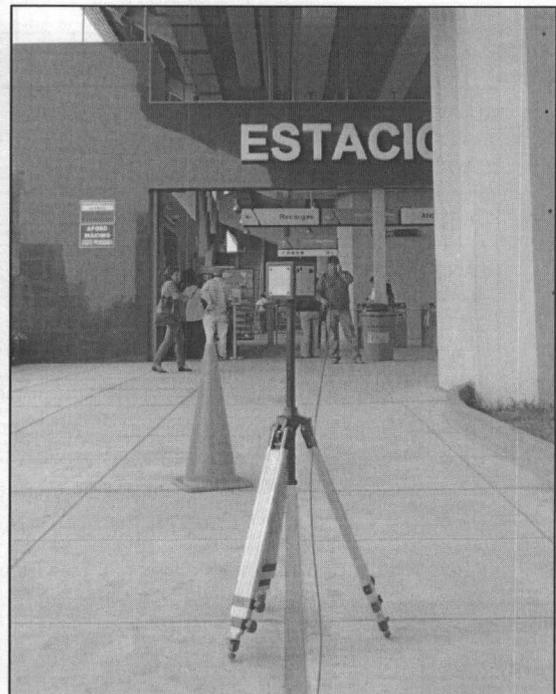


Fotografía N° 07



Coordenadas: 18L 282295 E, 8660381 N
Fuente: OEFA

Fotografía N° 08



Coordenadas: 18L 282295 E, 8660381 N
Fuente: OEFA



XI. ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE RADIACIONES NO IONIZANTES (RNI) EN BAJA FRECUENCIA

El análisis se realiza con respecto a lo dispuesto en el Código Nacional de Electricidad y consiste en comparar las mediciones efectuadas con los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos para 60 HZ establecidos en el Perú, de acuerdo con el Tabla 1 del numeral 6, del presente informe.

a) Análisis del Campo Magnético

Para realizar el análisis del Campo Magnético utilizamos el valor eficaz (RMS) en 60 Hz obtenido directamente del analizador de campo electromagnético presentado en la Tabla 5 y en la Tabla 7 - mediciones de exposición a la Inducción Magnética, y lo dividimos entre el Valor Máximo de Exposición para 60 Hz ocupacional o poblacional según sea el caso:

$$\text{Exposición al Campo Magnético}_{\text{CNE } 60\text{Hz}} (\%) = \frac{B_{\text{RMS medido } 60\text{Hz}}}{B_{\text{VME } 60\text{Hz}}} \times 100\%$$

Dónde:

- $B_{\text{VME } 60\text{Hz ocupacional}} = 416.7 \mu\text{T}$
- $B_{\text{VME } 60\text{Hz poblacional}} = 83.3 \mu\text{T}$

Esta operación se repite para todos los puntos de medición. En la Tabla 9 y en la Tabla 11, se presenta el análisis de la Inducción Magnética (densidad de flujo magnético), realizando una comparación entre el valor RMS medido para 60 Hz, el porcentaje con





respecto al Valor Máximo de Exposición Poblacional para 60 Hz y el el porcentaje de exposición poblacional ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes) en el rango de 5 Hz a 32 KHz.

b) Análisis del Campo Eléctrico

Para realizar el análisis del Campo Eléctrico utilizamos el valor eficaz (RMS) en 60 Hz obtenido directamente del analizador de campo electromagnético presentado en la Tabla 6 y en la Tabla 8 - mediciones de exposición a la Intensidad de Campo Eléctrico, y lo dividimos entre el Valor Máximo de Exposición para 60 Hz ocupacional o poblacional según sea el caso:

$$\text{Exposición al Campo Eléctrico } C_{NE \ 60 \text{ Hz}} (\%) = \frac{E_{RMS \text{ medido } 60 \text{ Hz}}}{E_{VME \ 60 \text{ Hz}}} \times 100\%$$

Dónde:

- $E_{VME \ 60 \text{ Hz}} \text{ ocupacional} = 8.3 \text{ kV/m}$
- $E_{VME \ 60 \text{ Hz}} \text{ poblacional} = 4.2 \text{ kV/m}$

Esta operación se repite para todos los puntos de medición. En la Tabla 10 y en la Tabla 12, se presenta el análisis de Intensidad de Campo Eléctrico, realizando una comparación entre el valor RMS medido para 60 Hz, el porcentaje con respecto al Valor Máximo de Exposición Poblacional para 60 Hz y el el porcentaje de exposición poblacional ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes) en el rango de 5 Hz a 32 KHz.





TABLA 9.- ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA "AV. JAVIER PRADO / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | B _{RMS} (μ T): 60Hz | %B _{VME_CNE} : 60Hz | %B _{ICNIRP} : 5Hz-32KHz | Fecha | Hora | EVALUACIÓN |
|--------------------|---------------------------|---|---------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------|-------|------------------------------|
| CA-TE-EA1 | 281899 | E | 8662992 | N | 0.9568 | 1.15% | 02/12/2013 | 09:50 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA2 | 281903 | E | 8662998 | N | 0.0866 | 0.10% | 02/12/2013 | 10:27 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA3 | 281916 | E | 8663002 | N | 0.0508 | 0.06% | 02/12/2013 | 11:03 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA4 | 281914 | E | 8662996 | N | 1.2420 | 1.49% | 02/12/2013 | 11:40 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA5 | 281880 | E | 8663139 | N | 0.0542 | 0.07% | 02/12/2013 | 12:18 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |

B_{RMS}(μ T): 60Hz Valor RMS de la inducción magnética medida en 60Hz

B_{Vect Peak}(μ T): 60Hz Valor pico de la inducción magnética medida en 60Hz

%B_{VME_CNE}: 60Hz Relación entre el valor de la medición de la inducción magnética y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 83.3 μ T y el VME para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 416.7 μ T

%B_{ICNIRP}: 5Hz-32KHz Valor de la medición de la exposición de la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec.ICNIRP (98)

VME: Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 037-2006-MEM/DM.

CNE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 214-2011-MEM/DM.





TABLA 10.- ANALISIS DE LA EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO "AV. JAVIER PRADO / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | E _{RMS} (V/m): 60Hz | %E _{VME_CNE} 60Hz | %E _{ICNIRP} : 5Hz-32kHz | Fecha | Hora | EVALUACIÓN |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------|-------|------------------------------|
| CA-TE-EA1 | 281899 | E | 8662992 | N | 0.09549 | 0.00% | 14.99% | 02/12/2013 | 10:09 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA2 | 281903 | E | 8662998 | N | 0.08624 | 0.00% | 14.67% | 02/12/2013 | 10:46 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA3 | 281916 | E | 8663002 | N | 0.10220 | 0.00% | 14.64% | 02/12/2013 | 11:22 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA4 | 281914 | E | 8662996 | N | 0.08850 | 0.00% | 15.27% | 02/12/2013 | 11:59 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EA5 | 281880 | E | 8663139 | N | 0.07710 | 0.00% | 14.25% | 02/12/2013 | 12:37 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |

E_{RMS}(V/m): 60Hz Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

E_{Vect Peak}(V/m): 60Hz Valor pico de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

%E_{VME_CNE}: 60Hz Relación entre el valor de la medición de la intensidad de campo eléctrico y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 4.2 kV/m y el VME para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 8.3 kV/m

%E_{ICNIRP}: 5Hz-32KHz Valor de la medición de la exposición de la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

VME: Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 037-2006-MEM/DM.

CNE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 214-2011-MEM/DM.





TABLA 11.-ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A LA INDUCCION MAGNÉTICA "AV. ANGAMOS / AV. AVIACION - SAN BORJA"

| Puntos de Medición | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | B _{RMS} (μ T): 60Hz | %B _{VME_CNE} : 60Hz | %B _{ICNIRP} : 5Hz-32KHz | Fecha | Hora | EVALUACIÓN |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------|-------|------------------------------|
| CA-TE-EB1 | 282324 | E | 8660334 | N | 4.9690 | 5.97% | 6.64% | 02/12/2013 | 14:25 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB2 | 282308 | E | 8660350 | N | 0.1871 | 0.22% | 0.78% | 02/12/2013 | 15:04 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB3 | 282305 | E | 8660384 | N | 0.1013 | 0.12% | 0.65% | 02/12/2013 | 15:40 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB4 | 282295 | E | 8660381 | N | 0.1316 | 0.16% | 0.66% | 02/12/2013 | 16:16 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB5 | 282300 | E | 8660328 | N | 4.3480 | 5.22% | 6.12% | 02/12/2013 | 16:53 | NO SUPERA EL VME POBLACIONAL |

B_{RMS}(μ T): 60Hz

Valor RMS de la inducción magnética medida en 60Hz

B_{Vect Peak}(μ T): 60Hz

Valor pico de la inducción magnética medida en 60Hz

%B_{VME_CNE}: 60Hz

Relación entre el valor de la medición de la inducción magnética y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 83.3 μ T y el VME para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 416.7 μ T

%B_{ICNIRP}: 5Hz-32KHz

Valor de la medición de la exposición de la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec.ICNIRP (98)

VME:

Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION

Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 037-2006-MEM/DM.

CNE SUMINISTRO

Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 214-2011-MEM/DM.



PERU

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad
Alimentaria"



Handwritten mark



TABLA 12-ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO "AV. ANGWOS/ AV. AMACION-SANECRJA"

| Puntos de Medición | Coordenadas UTM Zona 18 L | | | | $E_{RMS}(V/m): 60\text{-Hz}$ | $\%E_{ME_ONE} 60\text{-Hz}$ | $\%E_{ONRP} 5\text{-Hz-324\text{-Hz}}$ | Fecha | Hora | EVALUACIÓN |
|--------------------|---------------------------|---|---------|---|------------------------------|------------------------------|--|------------|-------|-----------------------------|
| CA-TE-EB1 | 282324 | E | 8661334 | N | 0.38160 | 0.01% | 14.38% | 02/12/2013 | 14:44 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB2 | 282308 | E | 8661350 | N | 0.20340 | 0.00% | 15.00% | 02/12/2013 | 15:23 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB3 | 282305 | E | 8661384 | N | 0.42700 | 0.01% | 14.40% | 02/12/2013 | 15:59 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB4 | 282295 | E | 8661381 | N | 0.24160 | 0.01% | 14.14% | 02/12/2013 | 16:35 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |
| CA-TE-EB5 | 282300 | E | 8661328 | N | 0.67140 | 0.02% | 14.41% | 02/12/2013 | 17:12 | NOSUPERA EL VME POBLACIONAL |

$E_{RMS}(V/m): 60\text{-Hz}$ Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en 60-hz

$E_{Med} Peak(V/m): 60\text{-Hz}$ Valor pico de la intensidad de campo eléctrico medida en 60-hz

$\%E_{ME_ONE} 60\text{-Hz}$ Relación entre el valor de la medición de la intensidad de campo eléctrico y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60-hz es 4.2 kV/m y el VME para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 8.3 kV/m

$\%E_{ONRP} 5\text{-Hz-324\text{-Hz}}$ Valor de la medición de la exposición de la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5-hz hasta 324-hz con respecto a la Rec. ONRP (98)

VME Valor Máximo de Exposición

ONE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60-hz mediante RM N° 037-2006-MEM/DM

ONE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60-hz mediante RM N° 214-2011-MEM/DM





XII. CONCLUSIONES

- El análisis y control de las mediciones en Radiaciones No Ionizantes en baja frecuencia se realizó tomando en cuenta los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz, indicados en el Código Nacional de Electricidad – Utilización y Suministro (R.M. N° 037-2006-MEM/DM y R.M. N° 214-2011-MEM/DM respectivamente) y en los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (D.S. N° 010-2005-PCM).
- La medición en Radiaciones No Ionizantes en baja frecuencia se realizó en cinco (05) puntos en las inmediaciones de la Estación La Cultura y en cinco (05) puntos en las inmediaciones de la Estación Angamos, pertenecientes a la Línea 1 del tren eléctrico, dichos puntos corresponden a Exposición de tipo Poblacional.
- De las mediciones realizadas en las inmediaciones de la Estación La Cultura y la Estación Angamos, el mayor valor de Inducción Magnética medido, se registró en el Punto B1 de la Estación Angamos (punto de medición CA-TE-EB1, con coordenadas UTM 18L: 282324 E, 8660334 N), siendo el valor RMS de 4.969 μ T en 60Hz; lo que representa el 5.97% con respecto al Valor Máximo de Exposición Poblacional. El mayor valor de Intensidad de Campo Eléctrico medido, se registró en el Punto B5 de la Estación Angamos (punto de medición CA-TE-EB5, con coordenadas UTM 18L: 282300 E, 8660328 N), siendo el valor RMS de 0.6714 V/m en 60 Hz, lo que representa el 0.02% con respecto al Valor Máximo de Exposición Poblacional.
- Dado el análisis de las mediciones de Inducción Magnética en los puntos de medición señalados en la Tabla 9 y Tabla 11 y dado el análisis de la Intensidad de Campo Eléctrico en los puntos de medición señalados en la Tabla 10 y Tabla 12, se concluye que los niveles de Inducción Magnética e Intensidad de Campo Eléctrico, **CUMPLEN** con los Valores Máximos de Exposición Poblacional, establecidos en el Código Nacional de Electricidad (Utilización y Suministro), aprobados por el Ministerio de Energía y Minas.
- Los Monitoreos de Intensidad de Campo Eléctrico e Inducción Magnética tienen la finalidad de evaluar la calidad ambiental, cuya presencia en el ambiente en su calidad de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar el riesgo a la salud humana y el ambiente, en concordancia con los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz.



XIII. RECOMENDACIÓN

- Remitir una copia del presente informe al Área de Electricidad de la Dirección de Supervisión del OEFA.

Atentamente,



Edgar Escriba Gutiérrez
Dirección de Evaluación



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Organismo de Evaluación y
Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Inversión para el Desarrollo Rural y la Seguridad
Alimentaria"

San Isidro,

27 DIC. 2013

Visto el INFORME N° 719-2013-OEFA/DE-SDCA y estando conforme con su contenido, PÓNGASE a consideración de la Subdirección de Calidad Ambiental para los fines correspondientes.

Atentamente,



Ing. Mariella Rossana Atala Alvarez
Coordinadora de Calidad Atmosférica

San Isidro,

27 DIC. 2013

Visto el INFORME N° 719-2013-OEFA/DE-SDCA y estando conforme con su contenido, PÓNGASE a consideración de la Dirección de Evaluación para los fines correspondientes.

Atentamente,



Ing. Paola Chinen Guima
Subdirectora de Calidad Ambiental

San Isidro,

27 DIC. 2013

De conformidad con el Informe que antecede y estando de acuerdo con su contenido APRUÉBESE el INFORME N° 719-2013-OEFA/DE-SDCA.

Atentamente,



Ing. Milagros del Pilar Verástegui Salazar
Directora de Evaluación
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA