



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

**“EVALUACIÓN DE RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS
ESPACIALES NO IONIZANTES EN LA UNIDAD EDUCATIVA
CAPITÁN EDMUNDO CHIRIBOGA UTILIZANDO EL MODELO
PARA NIÑOS DEL SOFTWARE VIRTUAL FAMILY v2.0”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tipo: PROYECTO TÉCNICO

Para optar al Grado Académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: DENNIS PAÚL GUAMÁN OCHOA

TUTOR: Ing. PEDRO SEVERO INFANTE MOREIRA

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Dennis Paúl Guamán Ochoa

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **Dennis Paúl Guamán Ochoa** soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

.....

Dennis Paúl Guamán Ochoa

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que la investigación: “EVALUACIÓN DE RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS ESPACIALES NO IONIZANTES EN LA UNIDAD EDUCATIVA CAPITÁN EDMUNDO CHIRIBOGA UTILIZANDO EL MODELO PARA NIÑOS DEL SOFTWARE VIRTUAL FAMILY v2.0.”, de responsabilidad del señor Dennis Paúl Guamán Ochoa, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación

| NOMBRES | FIRMAS | FECHA |
|---|---------------|--------------|
| M.Sc. Washington Luna Encalada DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA | _____ | _____ |
| Ing. Patricio Romero DIRECTOR DE LA EIETR | _____ | _____ |
| Ing. Pedro Infante DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | _____ | _____ |
| Dr. Hugo Moreno PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | _____ | _____ |

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen Dolorosa por cuidarme y protegerme durante toda mi vida estudiantil, a mis padres por su confianza y su apoyo incondicional con el cual hoy esta meta se cumple.

Al Ing. Pedro Infante por toda la guía y asesoramiento no solo durante el desarrollo de este trabajo sino durante las etapas académicas de las que fue parte y por su la gran calidad humana que siempre me ha demostrado, A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por permitirme estudiar y a mis profesores que compartieron sus grandes conocimientos conmigo los cuales servirán para el desempeño de mi carrera profesional, finalmente gracias a todas las personas que colaboraron directa e indirectamente ya que con sus aportaciones he logrado culminar con éxito este trabajo.

Dennis Guamán

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de titulación se lo dedico con todo mi afecto y amor primeramente a Dios y a mi Virgencita Dolorosa guía y consuelo en los momentos difíciles, a mis padres que a lo largo de mi vida me han acompañado, me han guiado y que con su amor han sabido levantarme en los momentos difíciles, a mi hermano Juan Carlos que a pesar de la distancia siempre ha estado para mí, a mis hermanas Heliana, Nela y Belén que con sus consejos y cuidados siempre me llenaron apoyaron, a mi pareja María José que me acompañó a lo largo de esta travesía academia donde sufrió y se alegró junto a mi hasta llegar el día de este logro y por último pero no menos importante a mis amig@s y demás familiares que me brindaron su apoyo.

Dennis Guamán

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-------|
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xvi |
| RESUMEN..... | xviii |
| ABSTRACT | xix |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I | |
| 1 MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 1.1 Ondas Electromagnéticas..... | 5 |
| 1.2 Espectro Electromagnético. | 6 |
| 1.3 Tipos de Radiación | 7 |
| 1.3.1 <i>Radiación Ionizante</i> | 8 |
| 1.3.2 <i>Radiación No Ionizante</i> | 8 |
| 1.4 Niveles de Exposición | 8 |
| 1.4.1 <i>Exposición Ocupacional</i> | 8 |
| 1.4.2 <i>Exposición Poblacional</i> | 9 |
| 1.5 Fuentes de Radiación..... | 9 |
| 1.5.1 <i>Radiaciones Naturales</i> | 9 |
| 1.5.2 <i>Radiaciones Artificiales</i> | 9 |
| 1.6 Sistemas Radiantes | 10 |
| 1.6.1 <i>Tecnologías Radiantes en Banda de 10MHz-8GHz en Ecuador</i> | 10 |
| 1.7 Zonas de Radiación | 11 |
| 1.7.1 <i>Campo Cercano</i> | 11 |
| 1.7.2 <i>Campo Lejano</i> | 11 |
| 1.8 Agencias de Regulación..... | 12 |
| 1.8.1 <i>Comisión Internacional De Protección Contra La Radiación No Ionizante (ICNIRP)</i> | 13 |
| 1.8.2 <i>Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)</i> | 14 |
| 1.8.3 <i>Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones (ARCOTEL)</i> | 16 |
| CAPITULO II | |
| 2 MARCO METODOLÓGICO | 18 |

| | | |
|------------------------------|---|-----|
| 2.1 | Metodología..... | 18 |
| 2.1.1 | <i>Planificar</i> | 18 |
| 2.2 | Identificación del Software Necesario..... | 21 |
| 2.3 | Procedimiento para mediciones..... | 26 |
| 2.4 | Descripción para el procedimiento de mediciones de radiación no ionizante..... | 26 |
| CAPITULO III | | |
| 3 | PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS | 28 |
| 3.1 | Distribución de nodos y medición en las instalaciones de la UECECH..... | 28 |
| 3.1.1 | <i>Ubicación de los nodos en aulas y patios</i> | 28 |
| 3.1.2 | <i>Mediciones en 30 nodos distribuidos en las aulas y patios de la UECECH</i> | 29 |
| 3.2 | Procesamiento e interpretación visual de datos | 43 |
| 3.2.1 | <i>Fase 1 Almacenamiento de Datos</i> | 44 |
| 3.2.2 | <i>Fase 2 Interfaz Gráfica</i> | 45 |
| 3.2.3 | <i>Fase 3 Procesamiento de Datos</i> | 48 |
| 3.2.4 | <i>Fase 4 Visualización de Resultados</i> | 51 |
| CONCLUSIONES | | 120 |
| RECOMENDACIONES | | 121 |
| BIBLIOGRAFÍA | | |
| ANEXOS | | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-1: Bandas de Frecuencia Espectro Radioelectrico..... | 7 |
| Tabla 2-1: Tecnologías Radiantes en Banda de 10MHz-8GHz en Ecuador | 10 |
| Tabla 3-1: Limites para Exposición Ocupacional ICNIRP | 13 |
| Tabla 4-1: Limites para Exposición Poblacional ICNIRP | 14 |
| Tabla 5-1: Limites para Exposición UIT-K.52 | 15 |
| Tabla 6-1: Limites para Exposición ARCOTEL..... | 17 |
| Tabla 1-2: Datos Modelos Virtual Family 2.0 | 23 |
| Tabla 1-3: Planificacion para las mediciones..... | 28 |
| Tabla 2-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de Primero “A”..... | 31 |
| Tabla 3-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de Primero “B” | 32 |
| Tabla 4-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de Primero “C” | 34 |
| Tabla 5-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de Primero “D”..... | 35 |
| Tabla 6-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de “E” | 36 |
| Tabla 7-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de “F” | 38 |
| Tabla 8-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el Aula de 3ro “D” | 40 |
| Tabla 9-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el Patio 1 | 41 |
| Tabla 10-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el Patio 2 | 43 |
| Tabla 11-3: Funciones utilizadas para el procesamiento de datos | 49 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-1: Composición de una onda electromagnética..... | 5 |
| Figura 2-1: Espectro Electromagnético | 6 |
| Figura 3-1: Composición de una onda electromagnética..... | 12 |
| Figura 1-2: Sistemas Radiantes en banda de 10MHz-8GHz | 19 |
| Figura 2-2: Equipo TENMAR TM-196..... | 20 |
| Figura 3-2: Soporte de Madera..... | 21 |
| Figura 4-2: Croquis Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga | 21 |
| Figura 5-2: Plano Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga (Escuela)..... | 22 |
| Figura 6-2: Modelos CAD Virtual Family V2.0..... | 23 |
| Figura 7-2: Distribución espacial en 14 puntos | 24 |
| Figura 8-2: Arquitectura Visual Studio | 25 |
| Figura 9-2: Arquitectura Visual Studio | 26 |
| Figura 1-3: Distribución de 30 nodos en el plano de la UECECH | 29 |
| Figura 2-3: Distribución de nodos N1, N2, N3 en el Aula Primero “A” | 30 |
| Figura 3-3: Levantamiento visual nodos N1, N2, N3 en el aula Primero “A” | 30 |
| Figura 4-3: Distribución nodos N4, N5, N6 en el aula de Primero “B” | 31 |
| Figura 5-3: Levantamiento visual nodos N4, N5, N6 en el aula Primero “B” | 32 |
| Figura 6-3: Distribución nodos N7, N8, N9 en el aula de Primero “C” | 33 |
| Figura 7-3: Levantamiento visual nodos N7, N8, N9 en el aula Primero “C”..... | 33 |
| Figura 8-3: Distribución nodos N10, N11, N12 en el aula de Primero “D” | 34 |
| Figura 9-3: Levantamiento visual nodos N10, N11, N12 en el aula Primero “D” | 35 |
| Figura 10-3: Distribución nodos N13, N14, N15 en el Aula de Primero “E” | 36 |
| Figura 11-3: Levantamiento visual nodos N13, N14, N15 en el aula Primero “E” | 37 |
| Figura 12-3: Distribución nodos N16, N17, N18 en el aula de Primero “F” | 37 |
| Figura 13-3: Levantamiento visual nodos N16, N17, N18 en el aula Primero “F” | 38 |
| Figura 14-3: Distribución nodos N19, N20, N21 en el aula de Primero Aula Segundo Piso (3ro “D”)..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Figura 15-3: Levantamiento visual nodos N19, N20, N21 en el aula 3ro “D” | 39 |
| Figura 16-3: Levantamiento visual del Patio 1 | 40 |
| Figura 17-3: Distribución nodos N22, N23, N24, N25 en el Patio 1 | 41 |
| Figura 18-3: Distribución nodos N26, N27, N28, N29, N30 en el Patio 2 | 42 |
| Figura 19-3: Levantamiento visual del Patio 2 | 42 |
| Figura 20-3: Fases de la aplicación para procesamiento e interpretación visual de datos. | 43 |
| Figura 21-3: Almacenamiento de datos en Excel. | 44 |
| Figura 22-3: Base de datos MYSQL..... | 45 |
| Figura 23-3: Interfaz Visual del Programa | 46 |
| Figura 24-3: Menú Interactivo del Programa..... | 46 |
| Figura 25-3: Ventana para Evaluación por Paralelo | 47 |
| Figura 26-3: Ventana para Evaluación General..... | 47 |
| Figura 27-3: Conexión Xampp | 48 |
| Figura 28-3: Selección de Filtros..... | 49 |
| Figura 29-3: Diagrama de flujo de la aplicación. | 50 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3..... | 51 |
| Gráfico 2-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6..... | 52 |
| Gráfico 3-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo “C” nodos N7, N8 y N9..... | 53 |
| Gráfico 4-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12..... | 53 |
| Gráfico 5-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15..... | 54 |
| Gráfico 6-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18..... | 55 |
| Gráfico 7-3: Valores Promedios (E_{prom}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21..... | 56 |
| Gráfico 8-3: Valores Promedios (E_{prom}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25..... | 56 |
| Gráfico 9-3: Valores Promedios (E_{prom}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30..... | 57 |
| Gráfico 10-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3..... | 58 |
| Gráfico 11-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6..... | 59 |
| Gráfico 12-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “C” nodos N7, N8 y N9..... | 59 |
| Gráfico 13-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12..... | 60 |
| Gráfico 14-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15..... | 60 |
| Gráfico 15-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18..... | 61 |
| Gráfico 16-3: Valores Máximos (E_{max}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21..... | 62 |
| Gráfico 17-3: Valores Máximos (E_{max}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25..... | 63 |
| Gráfico 18-3: Valores Máximos (E_{max}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30..... | 63 |
| Gráfico 19-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3..... | 64 |
| Gráfico 20-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6..... | 65 |
| Gráfico 21-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo “C” nodos N7, N8 y N9..... | 66 |
| Gráfico 22-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12..... | 66 |
| Gráfico 23-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15..... | 67 |
| Gráfico 24-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18..... | 68 |
| Gráfico 25-3: Valores Mínimos (E_{min}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21..... | 68 |
| Gráfico 26-3: Valores Mínimos (E_{min}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25..... | 69 |
| Gráfico 27-3: Valores Mínimos (E_{min}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30..... | 70 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 28-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3 | 71 |
| Gráfico 29-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6..... | 72 |
| Gráfico 30-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “C” nodos N7, N8 y N9..... | 72 |
| Gráfico 31-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12 | 73 |
| Gráfico 32-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15..... | 74 |
| Gráfico 33-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18 | 75 |
| Gráfico 34-3: Valores promedios (H_{prom}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21 | 75 |
| Gráfico 35-3: Valores promedios (H_{prom}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25..... | 76 |
| Gráfico 36-3: Valores promedios (H_{prom}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30 | 77 |
| Gráfico 37-3: Valores máximos (H_{max}) “A” nodos N1, N2 y N3..... | 77 |
| Gráfico 38-3: Valores máximos (H_{max}) “B” nodos N4, N5 y N6..... | 78 |
| Gráfico 39-3: Valores máximos (H_{max}) “C” nodos N7, N8 y N9 | 79 |
| Gráfico 40-3: Valores máximos (H_{max}) “D” nodos N10, N11 y N12..... | 79 |
| Gráfico 41-3: Valores máximos (H_{max}) “E” nodos N13, N14 y N15 | 80 |
| Gráfico 42-3: Valores máximos (H_{max}) “F” nodos N16, N17 y N18 | 81 |
| Gráfico 43-3: Valores máximos (H_{max}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21 | 81 |
| Gráfico 44-3: Valores máximos (H_{max}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25 | 82 |
| Gráfico 45-3: Valores máximos (H_{max}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30 | 83 |
| Gráfico 46-3: Valores mínimos (H_{min}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3..... | 84 |
| Gráfico 47-3: Valores mínimos (H_{min}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6..... | 84 |
| Gráfico 48-3: Valores mínimos (H_{min}) Paralelo “C” nodos N7, N8 y N9 | 85 |
| Gráfico 49-3: Valores mínimos (H_{min}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12..... | 86 |
| Gráfico 50-3: Valores mínimos (H_{min}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15 | 86 |
| Gráfico 51-3: Valores mínimos (H_{min}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18 | 87 |
| Gráfico 52-3: Valores mínimos (H_{min}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21 | 88 |
| Gráfico 53-3: Valores mínimos (H_{min}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25 | 88 |
| Gráfico 54-3: Valores mínimos (H_{min}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30 | 89 |
| Gráfico 55-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3 | 90 |
| Gráfico 56-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6 | 91 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 57-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo “C” nodos N7, N8 y N9 | 91 |
| Gráfico 58-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12 | 92 |
| Gráfico 59-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15..... | 93 |
| Gráfico 60-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18..... | 93 |
| Gráfico 61-3: Valores promedios (S_{prom}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21 | 94 |
| Gráfico 62-3: Valores promedios (S_{prom}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25..... | 95 |
| Gráfico 63-3: Valores promedios (S_{prom}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30..... | 95 |
| Gráfico 64-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3 | 96 |
| Gráfico 65-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6 | 97 |
| Gráfico 66-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo “C” nodos N7, N8 y N9 | 97 |
| Gráfico 67-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12 | 98 |
| Gráfico 68-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15..... | 99 |
| Gráfico 69-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18..... | 99 |
| Gráfico 70-3: Valores máximos (S_{max}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21 | 100 |
| Gráfico 71-3: Valores máximos (S_{max}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25..... | 101 |
| Gráfico 72-3: Valores máximos (S_{max}) Patio 2 nodos N25, N27, N28, N29 y N30..... | 101 |
| Gráfico 73-3: Valores mínimos (S_{min}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3 | 102 |
| Gráfico 74-3: Valores mínimos (S_{min}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6..... | 103 |
| Gráfico 75-3: Valores mínimos (S_{min}) Paralelo “C” nodos N7, N8 y N9..... | 104 |
| Gráfico 76-3: Valores mínimos (S_{min}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12 | 104 |
| Gráfico 77-3: Valores mínimos (S_{min}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15..... | 105 |
| Gráfico 78-3: Valores mínimos (S_{min}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18..... | 106 |
| Gráfico 79-3: Valores mínimos (S_{min}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21 | 106 |
| Gráfico 80-3: Valores mínimos (S_{min}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25..... | 107 |
| Gráfico 81-3: Valores mínimos (S_{min}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30..... | 107 |
| Gráfico 82-3: Valores de Media de (E) a nivel de UECECH..... | 108 |
| Gráfico 83-3: Desviación Estándar a nivel de UECECH..... | 109 |
| Gráfico 84-3: Datos totales en UECECH..... | 110 |
| Gráfico 85-3: Datos totales en UECECH..... | 111 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 86-3: Datos totales en UECECH..... | 112 |
| Gráfico 87-3: Datos totales en UECECH..... | 112 |
| Gráfico 88-3: Datos totales en UECECH..... | 113 |
| Gráfico 89-3: Datos totales en UECECH..... | 114 |
| Gráfico 90-3: Datos totales en UECECH..... | 114 |
| Gráfico 91-3: Datos totales en UECECH..... | 115 |
| Gráfico 92-3: Datos totales en UECECH..... | 116 |
| Gráfico 93-3: Datos totales en UECECH..... | 116 |
| Gráfico 94-3: Datos totales en UECECH..... | 117 |
| Gráfico 95-3: Datos totales en UECECH..... | 118 |
| Gráfico 96-3: Datos totales en UECECH..... | 118 |
| Gráfico 97-3: Datos totales en UECECH..... | 119 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Certificado de Calibración TENMARS TM-1963

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|----------------|--|
| UECECH | Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga |
| RNI | Radiación no Ionizante |
| E | Campo Eléctrico |
| H | Campo Magnético |
| S | Densidad de Potencia |
| RF | Radio Frecuencia |
| UIT | Unión Internacional de las Telecomunicaciones |
| ICNIRP | Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes |
| ARCOTEL | Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones |
| ONU | Organización de las Naciones Unidas |
| CEM | Campo Electromagnético |
| EV | Electrón Voltio |

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realizó una evaluación de radiaciones electromagnéticas no ionizantes correspondientes a campos eléctricos espaciales, utilizando el modelo de Thelonious del software VIRTUAL FAMILY V2.0 de la fundación IT'S de suiza. Para esta evaluación se realizaron mediciones de campo eléctrico durante 10 días laborables en las diferentes instalaciones de la UCECH en su extensión preparatoria básica elemental y media, en ambientes indoor (aulas) así como en ambientes outdoor (patios de juego), donde se distribuyó un total de 30 nodos (lugares), estas mediciones se realizaron en la banda de frecuencias de 10Mhz a 8Ghz utilizando el equipo TENMARS TM-196 y un soporte de madera que simula a Thelonious el cual está distribuido en 14 puntos espaciales del cuerpo. Con el equipo de medición se obtuvieron los valores promedios de campo eléctrico y se seleccionaron los valores máximos, mínimos y promedios de cada conjunto de nodos ubicados en los patios y aulas, posteriormente con estos valores se obtuvo la media, desviación estándar y percentiles para evaluar el comportamiento de los campos eléctricos a nivel de toda la UECECH. Para el análisis de los datos obtenidos en las mediciones se realizó una aplicación mediante el software visual Studio, que mediante cuadros comparativos permitió comparar los datos evaluados con las limitaciones de las agencias nacionales (ARCOTEL) e internacionales (ICNIRP, UIT), como resultado de esta evaluación se logró determinar que las radiaciones no ionizantes emitidas por los distintos servicios de RF aledañas a la institución educativa no sobrepasan estas limitaciones; se sugiere seguir realizando un monitoreo de los campos electromagnéticos debido a el constante crecimiento de los servicios de Telecomunicaciones.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA >, <TELECOMUNICACIONES>, <RADIACIÓN NO IONIZANTE>, <CAMPO ELECTROMAGNÉTICO>, <VIRTUAL FAMILILY>, <EVALUACIÓN DE RADIACIÓN>.

ABSTRACT

In the current degree work, an evaluation of non-ionizing electromagnetic radiations corresponding to electric space fields was carried out, using the Thelonious model of the VIRTUAL FAMILY V2.0 software of the IT'S foundation from Switzerland. For this evaluation, electrical field measurements were made during 10 working days in different facilities of the UCECH (Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga) in its elementary and middle basic preparatory extension, in indoor environments (classrooms) as well as in outdoor environments (playgrounds), where a total of 30 nodes (locations) these measurements were made in the frequency band of 10Mhz to 8Ghz using the TENMARS TM-196 equipment and a wooden support simulating Thelonious which is distributed in 14 spatial points of the body. With the measuring equipment, the average electric field values were obtained, and the maximum, minimum and average values of each set of nodes located in the playgrounds and classrooms were selected, later, with these values, the mean, standard deviation and percentiles were obtained in order to evaluate the behaviour of electric fields at the level of the entire UECECH. For the analysis of the data obtained in the measurements, an application was made using the Visual Studio software which through comparative tables allowed to compare the evaluated data with the limitations of the national (ARCOTEL), and international (ICNIRP, UIT) agencies, as a result of this evaluation was determined that the non-ionizing radiations emitted by the different RF services surrounding the educational institution do not exceed these limitations. It is suggested to continue monitoring the electromagnetic fields due to the constant growth of Telecommunications services.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND SCIENCES OF ENGINEERING>, <TELECOMMUNICATIONS>, <NON IONIZING RADIATION>, <ELECTROMAGNETIC FIELD>, <VIRTUAL FAMILY>, <RADIATION EVALUATION>.

INTRODUCCIÓN

En pleno 2018 el crecimiento de la demanda de los servicios de telecomunicaciones es cada día más alto; el conjunto de tecnologías correspondientes a las telecomunicaciones, tales como: celulares, radio, televisión cada vez se vuelven más invasivas y se puede notar en su gran cantidad de instalaciones, y este hecho no es indiferente con las diversas localidades en la ciudad de Riobamba.

El artículo “Normas y estándares aplicables a los campos electromagnéticos de radiofrecuencias en América Latina: guía para los límites de exposición y los protocolos de medición” (Skvarca y Aguirre 2006), nos habla sobre como las tecnologías que utilizan campos electromagnéticos, han presentado un paulatino crecimiento de acuerdo a las necesidades de los usuarios, y que la exposición a los campos electromagnéticos podría producir efectos adversos a la salud de las personas.

Las diferentes instituciones educativas no son un plano alejado a esta realidad, y el hecho de que los más pequeños del hogar se encuentren en establecimientos que se ven rodeados por considerables instalaciones de estos servicios de comunicación, hace pensar al usuario común si el medio que los rodea cumple con las diversas normas de radiación electromagnéticas, evitando riesgos para la salud.

La Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga (UECECH) en su extensión de preparación elemental y media cuenta con alrededor de 400 niños que cursan su ciclo de educación básica inicial, las instalaciones de esta Unidad Educativa están rodeadas de varios servicios de radiocomunicación que emiten radiación y a pesar de ello no se ha generado una evaluación de los niveles de radiación no ionizante electromagnética en las instalaciones que la comprenden, este trabajo de titulación se centra en evaluar las radiaciones electromagnéticas en esta institución educativa y determinar el cumplimiento de los límites de exposición poblacional vigentes, tanto nacionales(ARCOTEL) como internacionales (ICNIRP, UIT).

Formulación del problema

¿Cómo evaluar las radiaciones electromagnéticas espaciales no ionizantes en la Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga utilizando el modelo para niños del software VIRTUAL FAMILY v2.0?

Sistematización del problema

- ¿Cómo Realizar mediciones indoor y outdoor de la intensidad de campo eléctrico promedio espacial en 14 puntos para la banda de frecuencias de 10MHz a 8GHz, en las instalaciones de la Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga, utilizando el equipo de medición TENMARS TM-196 y un soporte de madera que simula a Thelonious de la familia virtual?
- ¿Cómo Determinar los valores máximos, mínimos y promedios, de los 14 puntos medidos a Thelonious a partir de las mediciones en las instalaciones de la Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga?
- ¿Cómo los valores medidos de la intensidad de campo eléctrico a través del cálculo de la media, desviación estándar y percentiles para relacionarlos con las limitaciones de las normas nacionales (ARCOTEL) e internacionales (ICNIRP, UIT)?
- ¿Cómo Elaborar cuadros comparativos entre los valores de las normativas vigentes y los valores obtenidos, visualizando el cumplimiento o no con las limitaciones de las normas nacionales(ARCOTEL) e internacionales(ICNIRP) vigentes?

Justificación del trabajo de titulación

Justificación teórica

En el presente trabajo de titulación se realizarán mediciones de los campos electromagnéticos generados por los diferentes servicios de radiocomunicación como: celulares, radio FM, TV, servicios WIFI y demás servicios que utilicen la banda de 10MHz-8GHz, estas mediciones serán realizadas con el equipo TENMARS TM-196 un detector de radiación electromagnética de 3 ejes, que nos ayudara a medir radiaciones electromagnéticas no ionizantes, en las diferentes instalaciones de la Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga.

Este estudio tiene como fin evaluar los niveles de radiación electromagnética en este centro educativo y realizar una comparación con los límites de radiación electromagnética definidos por las distintas agencias de regulación tanto nacionales (ARCOTEL) e internacionales (ICNIRP, UIT).

Justificación práctica

Para las mediciones de campo electromagnético se realizará una distribución de 30 nodos o ubicación de medición, mismas que estarán en las diferentes instalaciones de la UECECH, cada nodo estará distribuido en 14 puntos, con el uso del equipo TENMARS TM-196 se obtendrá los valores de campo eléctrico promedios de cada punto y para obtener esta medida se colocará el equipo en cada punto durante 6 minutos. Con los valores de las mediciones realizadas, se establecerá valores máximos, mínimos y promedios de campo eléctrico en cada aula y patio de la UECECH, y luego se comparará estos valores con los niveles de exposición poblacional permitidos según las agencias de regulación nacionales (ARCOTEL) e internacionales (ICNIRP e UIT).

Debido a que la distribución de 14 puntos se localiza a diferentes distancias, se utilizará un soporte de madera que simulara a Thelonious que es un modelo CAD del software Virtual Family v2.0 el mismo que representa un niño de 6 años, se utilizará una distribución de 14 puntos proveniente de la tesis de doctorado del Ingeniero Pedro Infante misma que nos muestra la eficiencia de realizar un estudio espacial en esta distribución, además, se realizará cuadros comparativos entre las mediciones realizadas y los límites de las normativas vigentes de radiaciones electromagnéticas, para así determinar si las normativas se cumplen dentro de la Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga.

También permitirá obtener los valores de media, desviación estándar y percentiles logrando así una evaluación más profunda de los resultados de estas radiaciones.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar las radiaciones electromagnéticas espaciales no ionizantes en la Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga utilizando el modelo para niños del software virtual family v2.0

Objetivos específicos

- Realizar mediciones indoor y outdoor de la intensidad de campo eléctrico promedio espacial en 14 puntos para la banda de frecuencias de 10MHz a 8GHz, en las instalaciones de la Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga, utilizando el equipo de medición TENMARS TM-196 y un soporte de madera que simula a Thelonious de la familia virtual.
- Determinar los valores máximos, mínimos y promedios, de los 14 puntos medidos a Thelonious a partir de las mediciones en las instalaciones de la Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga.
- Analizar los valores medidos de la intensidad de campo eléctrico a través del cálculo de la media, desviación estándar y percentiles para relacionarlos con las limitaciones de las normas nacionales (ARCOTEL) e internacionales (ICNIRP, UIT).
- Elaborar cuadros comparativos entre los valores de las normativas vigentes y los valores obtenidos, visualizando el cumplimiento o no con las limitaciones de las normas nacionales(ARCOTEL) e internacionales(ICNIRP) vigentes.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO

El contenido del presente capítulo nos muestra los diferentes conceptos teóricos utilizados a lo largo del proceso de desarrollo del presente trabajo de titulación.

1.1 Ondas Electromagnéticas

Una onda electromagnética (EM) se produce por la aceleración de una carga eléctrica. En un conductor, la corriente y el voltaje siempre se acompañan por un campo eléctrico (E) y un campo magnético (H) en la región vecina del espacio. La Figura. 1-1 muestra las relaciones espaciales entre los campos E y H de una onda electromagnética. Se puede ver que los campos E y H son perpendiculares (en ángulo de 90°) entre sí en todos los puntos. Esto se llama cuadratura espacial.

Las ondas electromagnéticas que viajan por una línea de transmisión, de la fuente a la carga, se llaman ondas incidentes, y las que regresan de la carga a la fuente se llaman ondas reflejadas. (TOMASI 2003, págs. 310-311)

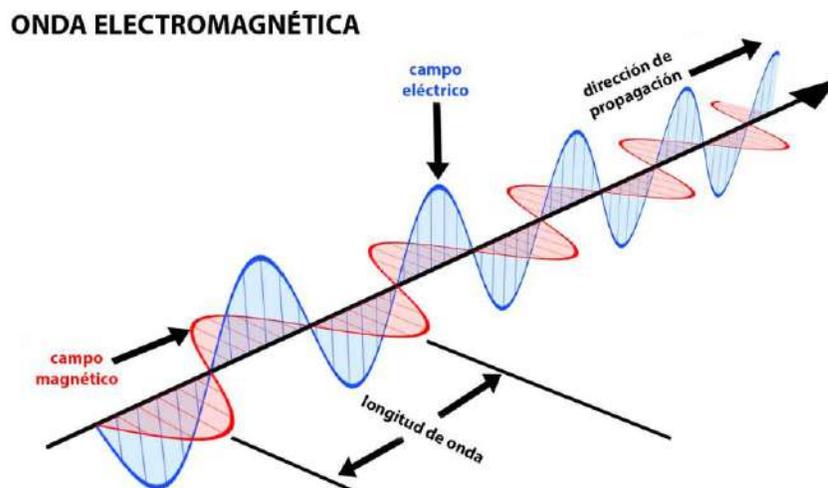


Figura 1-1: Composición de una onda electromagnética

Fuente: (Ureña 2009)

Una de las características principales de las ondas electromagnéticas es que no requieren de un medio físico o material para propagarse.

1.2 Espectro Electromagnético.

La distribución del espectro electromagnético se muestra en la Figura. 2-1. Se puede ver que ese espectro de frecuencias va desde las subsónicas (unos cuantos Hertz) hasta los rayos cósmicos (10^{22} Hz). El espectro de frecuencias luminosas se puede dividir en tres bandas generales:

1. Infrarrojo: banda de longitudes de onda de luz demasiado grandes para que las vea el ojo humano.
2. Visible: banda de longitudes de onda de luz a las que responde el ojo humano.
3. Ultravioleta: banda de longitudes de onda de luz que son demasiado cortas para que las vea el ojo humano.

Cuando se manejan ondas electromagnéticas de mayor frecuencia, como las luminosas, se acostumbra usar unidades de longitud de onda y no de frecuencia. La longitud de onda depende de la frecuencia de la onda y de la velocidad de la luz. La relación matemática correspondiente se muestra en la ecuación 1:(TOMASI 2003, pág. 425)

$$\lambda = c/f \quad (1)$$

En donde:

λ = longitud de onda (metros)

c= velocidad de la luz (metro/segundo)

f= frecuencia (Hertz)

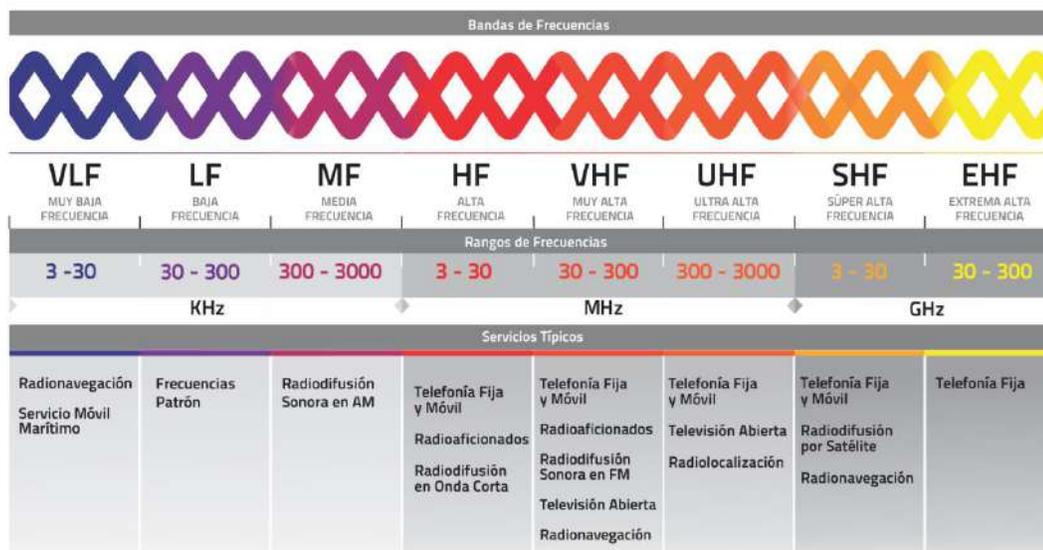


Figura 2-1: Espectro Electromagnético

Fuente: <http://www.conatel.gob.ve/wp-content/uploads/2014/10/Bandas-de-Frecuencias-Final.jpg>

Espectro Radioeléctrico

El espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente debajo de 300 GHz (Tabla 1-1), que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial, por el cual es posible brindar una variedad de servicios de telecomunicaciones.

De acuerdo con la constitución de la república del Ecuador el espectro radioeléctrico es considerado como un sector estratégico, por tanto, el estado se reserva su derecho de administración, regulación, control y gestión, por lo que se lo define como un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del estado, de carácter inalienable e imprescriptible.(«LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES» 2015)

Tabla 1-1: Bandas de Frecuencia Espectro Radioelectrico

| Rango de Frecuencia | Designación | Significado |
|---------------------|-------------|----------------------------------|
| 30 kHz a 30 kHz | VLF | Frecuencias muy bajas |
| 30 kHz a 300 kHz | LF | Frecuencias bajas |
| 300 kHz a 3000 kHz | MF | Frecuencias medias |
| 3 MHz a 30 MHz | HF | Frecuencias Altas |
| 30 MHz a 300 MHz | VHF | Frecuencias muy altas |
| 300 MHz a 3000 Mhz | UHF | Frecuencias ultra altas |
| 3 GHz a 30 GHz | SHF | Frecuencias super altas |
| 30 GHz a 300Ghz | EHF | Frecuencias extremadamente altas |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Fuente: («LEY ORGANICA DE TELECOMUNICACIONES» 2015)

1.3 Tipos de Radiación

Según la Real Academia de la Lengua (RAE) la radiación es la emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas, además una radiación es la misión de energía o de partículas que producen algunos cuerpos y que se propaga a través del espacio, la radiación electromagnética está formada por la emisión de fotones a esto lo conocemos como interacción electromagnética. (Plaza)

La radiación electromagnética proviene de las diferentes tecnologías que ocupan el espectro electromagnético, y de acuerdo a su energía, se clasifican en radiaciones ionizantes y no ionizantes:

1.3.1 Radiación Ionizante

Se define una radiación ionizante a aquella radiación que presenta la energía suficiente para originar partículas con carga eléctrica (iones) sobre la materia, a este efecto se lo conoce como ionización de la materia. El origen de estas radiaciones ionizantes es siempre atómico, las radiaciones ionizantes de naturaleza electromagnética son similares en naturaleza física a cualquier otra radiación electromagnética, pero con una energía fotónica muy elevada (altas frecuencias, bajas longitudes de onda) capaz de ionizar los átomos. (Pascual et al.)

1.3.2 Radiación No Ionizante

Las radiaciones no ionizantes (RNI) incluyen todas las radiaciones y campos del espectro electromagnético que normalmente no tienen suficiente energía para producir la ionización de materia; caracterizado porque la energía por fotón es menos que 12 eV, las longitudes de onda mayores de 100 nm, y frecuencias más bajas de 3×10^{15} Hz.(«INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V»)

1.4 Niveles de Exposición

Los niveles de exposición son los rangos de distancia, a las que las personas se encuentran cuando utilizan los diferentes servicios de Radio Frecuencia (RF), las diferentes radiaciones generadas por estos servicios usan el espectro radioeléctrico y su clasificación se presenta de acuerdo a la siguiente manera:

1.4.1 Exposición Ocupacional

Se aplica a personas que están expuestas a RNI como consecuencia de su trabajo, es decir personas que se encuentran en contacto con los sistemas radiantes que las generan y han sido advertidas sobre el riesgo potencial de exponerse a dichas radiaciones y por lo tanto pueden ejercer control sobre el mismo. La exposición ocupacional también se aplica cuando esta exposición es de naturaleza transitoria, es decir, se genera como resultado del paso ocasional por un lugar en el que los límites de exposición puedan ser superiores a los límites establecidos para la población en general, pero dicha exposición es controlada por, lo que el usuario puede abandonar la zona o adoptar las debidas medidas

de seguridad.(«LA ARCOTEL | Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones | Ecuador» [2005])

1.4.2 Exposición Poblacional

Se aplica al público en general el cual no tiene contacto directo con los sistemas radiantes, que no tienen conocimiento de su exposición a ella y debido a esto no pueden tomar las precauciones necesarias ni ejercer algún tipo de control sobre ella.

1.5 Fuentes de Radiación

1.5.1 Radiaciones Naturales

Son todas aquellas radiaciones que nos rodean y que no han requerido la intervención de los seres humanos o de maquinarias para ser generadas.

Las radiaciones naturales pueden provenir por dos motivos: los componentes y materiales que emiten dicha radiación que existen en la Tierra desde el momento de su formación o también llamados primigenios, y también por todo material que sea radiactivo y que se generó por la interacción de rayos cósmicos con materiales de la Tierra que anteriormente en su composición no eran radiactivos, también llamados cosmogénicos. Su rango de frecuencias oscila entre 0 y 30 Hz con un Campo Eléctrico Máximo (E_{max}) de 150 V/m.(Huilca 2017 pág. 11)

1.5.2 Radiaciones Artificiales

Son las radiaciones producidas por medios artificiales en forma de rayos X, estas fueron desarrolladas a finales de la década de 1800. Y los experimentos de Roentgen demostraron que los rayos X son capaces de generar imágenes del esqueleto en una lámina fotográfica. Durante el siglo XX, la aplicación de radiaciones artificiales en al ámbito de la medicina, la industria, la agricultura, las telecomunicaciones así como de la investigación se difundió con rapidez.(Ministerio de Sanidad y Dirección General de Salud Pública 2016)

1.6 Sistemas Radiantes

Los diferentes sistemas radiantes son los causantes o generadores tanto de radiación ionizante, así como de radiación no ionizante, para profundizar en el tema que compete a este proyecto de titulación se limitará a los sistemas radiantes que se hallan en la banda de frecuencia de 10MHz-8GHz (Tabla 2-1), que es donde se trabajara.

Los sistemas radiantes que trabajan en esta banda generan RNI, y son los que se encuentran en el espectro radioeléctrico, la principal característica de estos sistemas es que físicamente están compuestos por una antena o arreglo de antenas transmisoras.

1.6.1 Tecnologías Radiantes en Banda de 10MHz-8GHz en Ecuador

Tabla 2-1: Tecnologías Radiantes en Banda de 10MHz-8GHz en Ecuador

| Rango de Frecuencia | Designación |
|---|--|
| 88 MHz a 108 MHz | Radio FM |
| 54 MHz a 72 MHz y de 76 MHz a MHz | Television Abierta Banda I |
| 174 MHz a 216 MHz | Television Abierta Banda III |
| 470 MHz a 482 MHz y de 614 MHz a 644 MHz | Television Abierta Banda IV |
| 644 MHz a 698 MHz | Television Abierta Banda V |
| 850 MHz/1900 MHz | Servicio celular (2G-3G) |
| 1700 MHz/2100 MHz | Servicio celular (4G) |
| 1575.42 MHz | GPS |
| 2.4 GHz | Wifi-Bluetooth |
| 4GHz | Television Satelital Banda C (Dowlink) |
| 5 GHz | Wifi |
| 6 GHz | Television Satelital Banda C (Uplink) |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

En la Tabla 2-1, se muestra una descripción de los sistemas radiantes más utilizados en Ecuador, con la banda de frecuencia a la que pertenece, así como la asignación o el servicio que brinda en su respectiva banda de frecuencia.

1.7 Zonas de Radiación

1.7.1 Campo Cercano

Aparentemente no existe una definición formal para el campo cercano; depende del tipo de aplicación y de la antena. La definición más acordada indica que el campo cercano es inferior a una longitud de onda (λ) de la antena. La longitud de onda en metros viene dada por la ecuación (1). (Frenzel 2012)

Vale recalcar que los campos tanto eléctricos como magnéticos en esta zona experimentan muchas variaciones debido a que no están correlacionadas entre sí, lo que hace sumamente complicado su cálculo matemático por lo que para determinar los niveles de campos electromagnéticos se hace uso de diferentes equipos que nos permiten obtener estas medidas de forma más rápida.

1.7.2 Campo Lejano

Las definiciones de a que distancia comienza el campo lejano varían, algunos dicen 2λ , mientras que otros insisten en que es 3λ o 10λ desde la antena, otra definición indica que comienza en $5\lambda / 2\pi$, mientras que otra dice que depende de la dimensión más grande de la antena (D) o $50D^2 / \lambda$. El campo lejano es la verdadera onda de radio que se propaga a través del espacio a una velocidad de aproximadamente 300 millones de metros por segundo, que es la velocidad de la luz o casi 186,400 millas por segundo. Donde los campos eléctricos (E) y campos magnéticos (H) se apoyan y se regeneran entre sí a medida que su fuerza disminuye inversamente al cuadrado de la distancia ($1 / r^2$). Maxwell describe este fenómeno en sus ecuaciones.(Frenzel 2012)

En esta región según la («INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V», 1998 pág. 3) considera el modelo de onda plana como una aproximación de la propagación del campo electromagnético. Las características que tiene la onda plana, son:

- Los frentes de onda poseen una geometría plana.
- Los vectores \mathbf{E} , \mathbf{H} y la dirección en que se propagan son mutuamente perpendiculares.
- La fase de los campos E y H son similares, y el cociente de las amplitudes E/H es constante a través del espacio. La relación que se indica en la ecuación (2) es la impedancia característica del espacio libre.

- La densidad de potencia S , se refiere a la potencia por unidad de área normal a la dirección en que se propaga, se relaciona con los campos eléctricos y magnéticos como se muestra en la ecuación (3).

$$\frac{E}{H} = 377\Omega \quad (2)$$

$$S = EH = \frac{E^2}{377} = H^2(377) \quad (3)$$

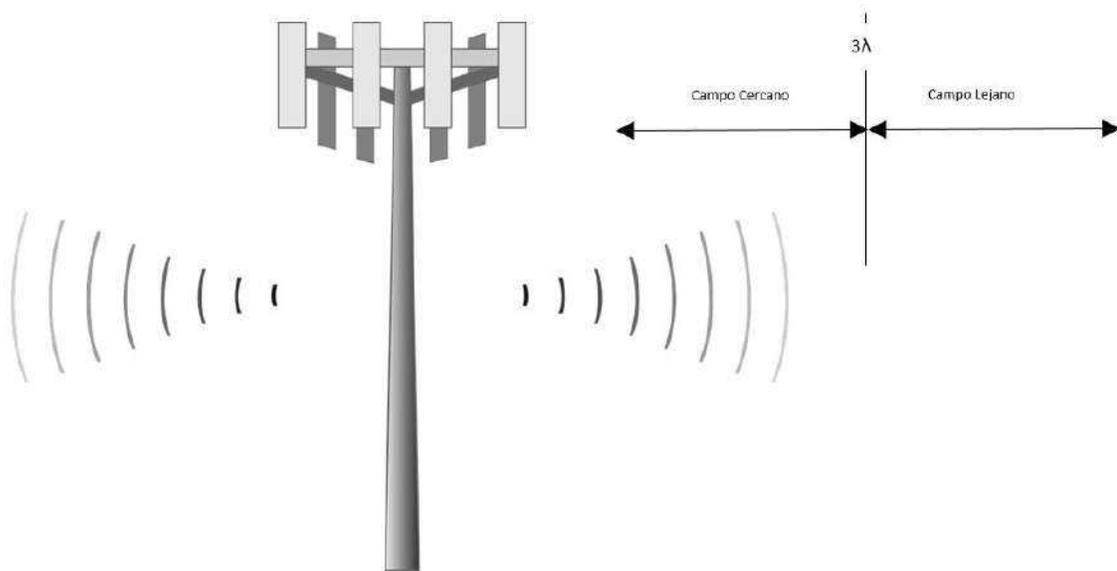


Figura 3-1: Composición de una onda electromagnética

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

1.8 Agencias de Regulación

En este segmento del capítulo, se hablará sobre las agencias que regulan los niveles de RNI a nivel nacional e internacional, se hablara sobre cuáles son sus funciones, y como el cumplimiento de estas recomendaciones ayudan a mantener los límites de seguridad ante la exposición humana a las RNI.

1.8.1 Comisión Internacional De Protección Contra La Radiación No Ionizante (ICNIRP)

La ICNIRP es una organización de carácter independiente, que tiene como fin proveer de asesoramiento científico relacionado a las radiaciones no ionizantes, con el objetivo de proteger a las personas y al ambiente.

Las funciones de la Comisión son: investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI; desarrollar recomendaciones internacionales sobre límites de exposición para las RNI, y tratar todos los aspectos sobre protección contra las RNI. («INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V»)

Límites de Exposición ICNIRP

Estos límites están planteados con el fin de evaluar de forma práctica que las radiaciones de un lugar no sean excedidas, aplicando estos límites a niveles o rangos de frecuencias, (Carrasco y Flores 2017 pág. 11) comentan sobre cómo estos niveles de referencia son el resultado de investigaciones de laboratorio tomando en cuenta modelos matemáticos y por la extrapolación de los resultados al tomar en cuenta frecuencias específicas.

| Rango de Frecuencias | Intensidad de Campo Eléctrico (V m ⁻¹) | Intensidad de Campo Magnético (A m ⁻¹) | Densidad de Flujo Magnético (uT) | Densidad de Potencia (W m ⁻²) |
|----------------------|--|--|-------------------------------------|---|
| Hasta 1 Hz | - | 1.63 x 10 ⁵ | 2 x 10 ⁵ | - |
| 1-8 Hz | 20000 | 1.63 x 10 ⁵ /f ² | 2 x 10 ⁵ /f ² | - |
| 8-25 Hz | 20000 | 2 x 10 ⁴ /f | 2.5 x 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 | 2.0/f | - |
| 1-10 MHz | 610/f | 1.6/f | 2.0/f | - |
| 10-400 MHz | 61 | 0.16 | 0.2 | 10 |
| 400-2000 Mhz | 3f ^{1/2} | 0.008f ^{1/2} | 0.01f(1/2) | f/40 |
| 2-300 GHz | 137 | 0.36 | 0.45 | 50 |

Tabla 3-1: Límites para Exposición Ocupacional ICNIRP

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Fuente: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>

En la Tabla 3-1 se muestran los límites que plantea la ICNIRP para la exposición ocupacional y en la Tabla 4-1 se puede observar los límites de exposición poblacional planteados por la misma comisión, en estas figuras se observa las limitantes de los campos eléctricos, magnéticos y densidad de potencia.

| Rango de Frecuencias | Intensidad de Campo Eléctrico (V m-1) | Intensidad de Campo Magnético (A m-1) | Densidad de Flujo Magnético (uT) | 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 | 4,000/f | 5,000/f | - |
| 0.025-0.8 kHz | 250/f | 4/f | 5/f | - |
| 0.8-3 kHz | 250/f | 5 | 6.25 | - |
| 3-150 MHz | 87 | 5 | 6.25 | - |
| 0.15-1 MHz | 87 | 0.73/f | 0.92/f | - |
| 1-10 MHz | $87/f^{1/2}$ | 0.73/f | 0.92/f | - |
| 10-400 Mhz | 28 | 0.073 | 0.092 | 2 |
| 400-2000 MHz | $1.375f^{1/2}$ | $0.0037f^{1/2}$ | $0.0046f^{1/2}$ | f/200 |
| 2-300 GHz | 61 | 0.16 | 0.20 | 10 |

Tabla 4-1: Límites para Exposición Poblacional ICNIRP

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Fuente: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>

1.8.2 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional.

En el reporte de actividades de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU 2018) se puede apreciar claramente que sus principales propósitos son:

- Mantener y ampliar la cooperación internacional para la mejora y el uso racional de telecomunicaciones de todo tipo.
- Asignación de efectos del espectro de radiofrecuencias y registro de frecuencias de radio asignaciones para evitar la interferencia perjudicial entre las estaciones de radio de diferentes países.

- Coordina los esfuerzos para eliminar la interferencia perjudicial entre las estaciones de radio de diferentes países y para mejorar el uso que se hace del espectro de frecuencias de radio.
- Promueve la adopción de medidas para garantizar la seguridad de la vida mediante recomendaciones para la prestación de servicios de telecomunicación.

| Tipo de Exposición | Gama de Frecuencias | Intensidad de Campo Eléctrico (V/m) | Intensidad de Campo Magnético (A/m) | Densidad de Potencia de onda plana equivalente $S_{eq}(W/m^2)$ |
|--------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Ocupacional | Hasta 1 Hz | - | 1.63×10^5 | - |
| | 1-8 Hz | 20000 | $1.63 \times 10^5/f^2$ | - |
| | 8-25 Hz | 20000 | $2 \times 10^4/f$ | - |
| | 0.025-0.82 kHz | 500/f | 20/f | - |
| | 0.82-65 kHz | 610 | 24.4 | - |
| | 0.065-1 MHz | 610 | 1.6/f | - |
| | 1-10 MHz | 610/f | 1.6/f | - |
| | 10-400 MHz | 61 | 0.16 | 10 |
| | 400-2000 Mhz | $3f^{1/2}$ | $0.008f^{1/2}$ | f/40 |
| 2-300 GHz | 137 | 0.36 | 50 | |
| Público En General | Hasta 1 Hz | - | 3.2×10^4 | - |
| | 1-8 Hz | 10,000 | $3.2 \times 10^4/f^2$ | - |
| | 8-25 Hz | 10,000 | 4,000/f | - |
| | 0.025-0.8 kHz | 250/f | 4/f | - |
| | 0.8-3 kHz | 250/f | 5 | - |
| | 3-150 MHz | 87 | 5 | - |
| | 0.15-1 MHz | 87 | 0.73/f | - |
| | 1-10 MHz | $87/f^{1/2}$ | 0.73/f | - |
| | 10-400 Mhz | 28 | 0.073 | 2 |
| 400-2000 MHz | $1.375f^{1/2}$ | $0.0037f^{1/2}$ | f/200 | |
| 2-300 GHz | 61 | 0.16 | 10 | |

NOTA 1 - f es la indicada en la columna gama de frecuencias
 NOTA 2 - Para frecuencias entre 100 KHz y 10 GHz, el tiempo de promediación es de 6 minutos
 NOTA 3 – Para frecuencias hasta de 100kHz, los valores de cresta pueden obtenerse multiplicando el valor eficaz por $\sqrt{2}$ (= 1,414). Para impulsos de duración t_p , la frecuencia equivalente aplicable debe calcularse como $f=1/(2t_p)$
 NOTA 4 – Entre 100 kHz y 10 MHz, los valores de cresta de las intensidades de campo se obtienen por interpolación desde 1,5 veces la cresta a 100 MHz hasta 32 veces la cresta a 10 MHz. Para valores que sobrepasen 10 MHz, se sugiere que la densidad de onda plana equivalente de cresta, promediada a lo largo de la anchura del impulso, no sobrepase 1000 veces el límite S_{eq} , o que la intensidad de campo no sobrepase los niveles de exposición de intensidad de campo indicados en el cuadro.
 NOTA 5 – Para frecuencias superiores a 10 GHz, el tiempo de promediación es de $68/f^{1.05}$ minutos (f en GHz).

Tabla 5-1: Límites para Exposición UIT-K.52

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Fuente: <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.52/es>

Recomendación UIT T-K.52

Esta Recomendación tiene como objetivo ayudar a que las instalaciones de telecomunicaciones, tales como estaciones base y dispositivos de comunicación inalámbricos, como teléfonos móviles u otros dispositivos radiantes utilizados cerca de la oreja o cerca del cuerpo, se mantengan dentro de los límites de seguridad para la exposición humana a campos electromagnéticos (CEM). Esta Recomendación no establece límites de seguridad; busca proporcionar técnicas y procedimientos para evaluar el cumplimiento de las instalaciones de telecomunicaciones y dispositivos con límites de seguridad nacionales o internacionales para CEM. (ITU 2018)

En la Tabla 5-1 se muestra los límites de exposición tanto poblacional como ocupacional según la recomendación UIT T-K.52.

1.8.3 Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones (ARCOTEL)

Es una institución de la república del Ecuador que es de origen público, la misma que está encargada de la administración, control y regulación de las telecomunicaciones, así como el espectro, y los límites de este en el país, incluyendo el uso de frecuencias, gestión de medios y aspectos técnicos.

En la resolución 01-01-CONATEL-2005 (ARCOTEL, 2005) el Consejo Nacional de Telecomunicaciones en el capítulo 3 “Régimen De Protección Y Los Límites Máximos De Exposición”, artículo 5 “Límites Máximos de Exposición por Estación Radioeléctrica Fija” establece los límites máximos a las exposiciones de RNI para frecuencias de espectro Radioeléctrico de acuerdo a los valores establecidos en la recomendación UIT-T K.52, tal y como se detalla en la Tabla 6-1.

| Tipo de Exposición | Gama de Frecuencias | Intensidad de Campo Eléctrico E(V/m) | Intensidad de Campo Magnético H(A/m) | Densidad de Potencia de onda plana equivalente S(W/m ²) |
|--------------------|---------------------|--------------------------------------|--|---|
| Ocupacional | 3-65 kHz | - | 1.63 x 10 ⁵ | - |
| | 0.065-1MHz | 20000 | 1.63 x 10 ⁵ /f ² | - |
| | 1-10 MHz | 610/f | 1.6/f | - |
| | 10-400 MHz | 61 | 0.16 | 10 |
| | 400-2000 MHz | 3f ^{1/2} | 0.008f ^{1/2} | f/40 |
| | 2-300 GHz | 137 | 0.36 | 50 |

| | | | | |
|-------------|--------------|----------------|-----------------------|---------|
| Poblacional | 3-150 kHz | - | 3.2×10^4 | - |
| | 0,15-1 MHz | 10,000 | $3.2 \times 10^4/f^2$ | - |
| | 1-10 MHz | $87/f^{1/2}$ | $0.73/f$ | - |
| | 10-400 MHz | 28 | 0.073 | 2 |
| | 400-2000 MHz | $1.375f^{1/2}$ | $0.0037f^{1/2}$ | $f/200$ |
| | 2-300 GHz | 61 | 0.16 | 10 |

Donde:

a) Los valores límites señalados en esta tabla corresponden a valores eficaces (RMS) sin perturbaciones.

b) f es la magnitud de la frecuencia indicada en la columna rango de frecuencias; se deben omitir las unidades al momento de hacer el cálculo del límite respectivo.

c) Para las frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, el período de tiempo en el que se debe realizar la medición será de 6 minutos.

d) Para las frecuencias superiores a 10 GHz; el período de tiempo en el que se debe realizar la medición será $68/f^{1.05}$ minutos. (ARCOTEL, 2005)

Tabla 6-1: Límites para Exposición ARCOTEL

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Fuente: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/2005_001_01.pdf

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo se basa en de los procedimientos realizados para obtener las mediciones de campo eléctrico en la banda de frecuencias de 10 MHz a 8 GHz, la designación para los 30 nodos de análisis en las instalaciones tanto indoor como outdoor de la UECECH y el proceso de monitoreo durante 10 días laborables en las instalaciones de la misma, con la ayuda del equipo TENMARS TM-196 y un soporte de madera para determinar los valores promedios, máximos y mínimos de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia. Además, se realizará una introducción a las características del hardware utilizado en este proceso de evaluación y una descripción general del software utilizado (MySQL, Visual Studio) para elaborar los cuadros comparativos que permitirán evaluar los datos obtenido y calcular la desviación estándar de los datos recolectados durante este periodo de tiempo, y finalmente compararlos con las normativas de las agencias de regulación nacionales (ARCOTEL) e internacionales (ICNIRP, UIT)

2.1 Metodología

2.1.1 *Planificar*

1) Identificar Sistemas Radiantes en banda de 10MHz-8GHz

Para la identificación de los sistemas radiantes se realizó una inspección a las instalaciones de la UECECH, así como de sus alrededores, a partir de esto se identificó sistemas radiantes celulares, televisión satelital, torres de antenas de radio FM en línea de vista, y mediante la investigación previa de los sistemas de radiocomunicación que trabajan en banda de 10MHz a 8GHz tal como muestra la tabla 2-1, se estableció la existencia de sistemas no visibles pero que su radiación está presente en las instalaciones de la UECECH, como satélites GPS y antenas WIFI, en la Figura 1-2 se realizó un esquema de los sistemas radiantes sobre las instalaciones de la UECECH.

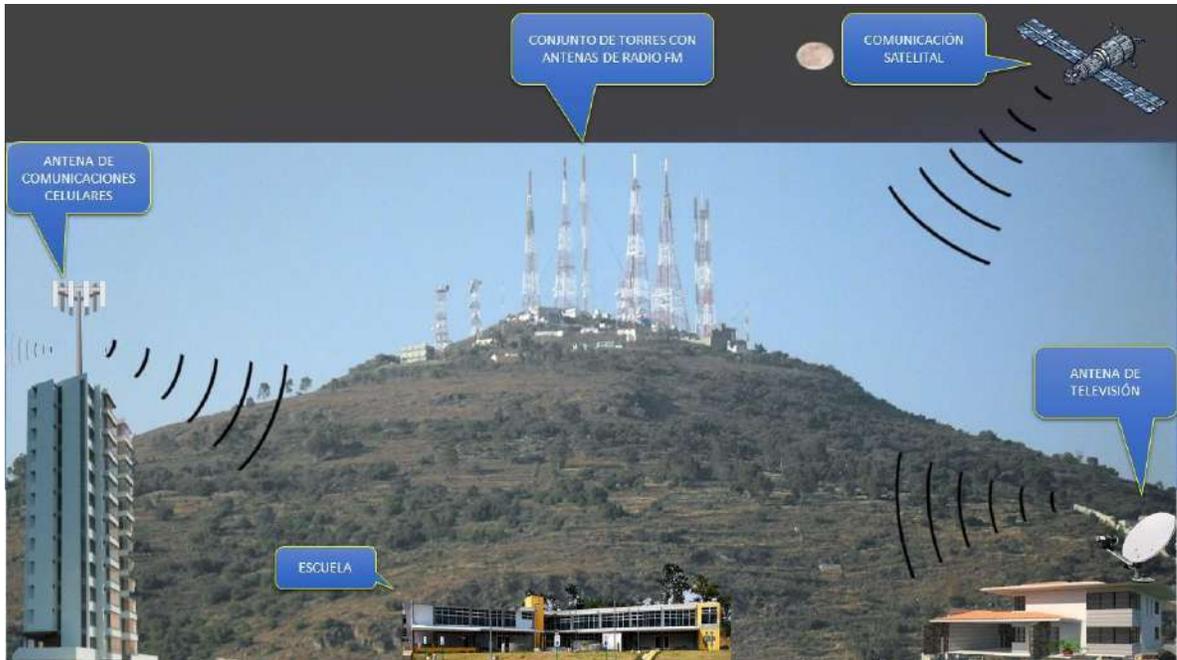


Figura 1-2: Sistemas Radiantes en banda de 10MHz-8GHz

Fuente: <http://www.tenmars.com/web/en-us/TM-196.html>

2) Reconocer Instrumentos necesarios para la medición de radiación no ionizante

Detector de Radiación Electromagnética

El TENNMARS TM-196 es un Detector De Radiación Electromagnética de 3 ejes (XYZ), en banda de frecuencia de 10 MHz a 8 GHz, diseñado para medir la intensidad de campo eléctrico de radio frecuencia, el cual se encuentra en la Figura 2-2.

Características

El manual de usuario del TENNMARS TM-196 («TENMARs RF three-Axis Field Strength Meter») muestra las instrucciones para un adecuado uso y funcionamiento del equipo así como las principales características que son:

- Certificado de calibración bajo el estándar internacional ISO 9001:2008 (CNS12681)

- Antena Isotrópica de tres ejes
- Memoria manual de 200 datos de almacenamiento
- Factor de calibración con rango de 0.10 a 9.99
- Alimentación de 9v a través de batería o alimentación eléctrica directa
- Pantalla LCD
- Teclado de fácil acceso con funciones para cambiar a unidades de lectura, botón para generar valores promedios, máximos, set de alarma y fechas para el cambio de datos al visualizar datos almacenados en memoria.



Figura 2-2: Equipo TENMAR TM-196

Fuente: <http://www.tenmars.com/webbs-en-us/TM-196.html>

Soporte de Madera

Para ejecutar el proceso de medición se ha elaborado un soporte de madera desarmable (Figura 3-2) que simula a Thelonious (niño de 6 años) modelo CAD de la familia virtual de la fundación IT' IS de Suiza, que servirá para desplazar el TENNMARS TM-196 simulando a Thelonious con una distribución de 14 puntos espaciales.



Figura 3-2: Soporte de Madera

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

2.2 Identificación del Software Necesario

Aquí se hará una pequeña recopilación del software que se utilizó para los diferentes procesos de asignación de zonas de análisis, así como del software necesario para la elaboración del programa que generará los cuadros comparativos a partir de los datos recolectados.

Google Maps

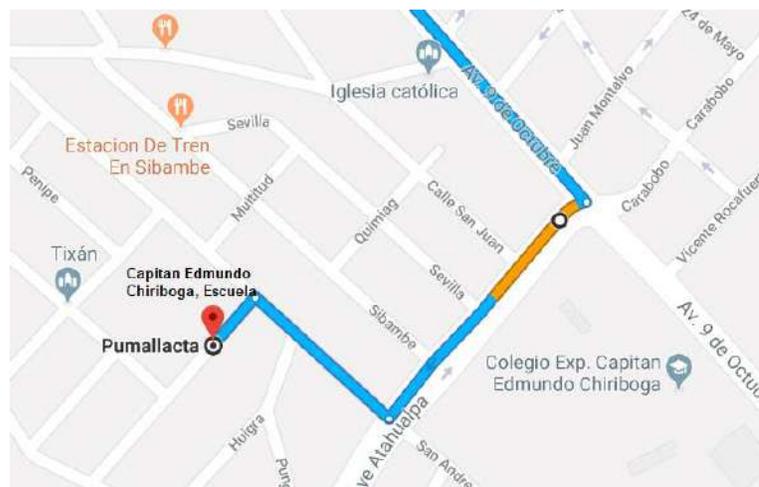


Figura 4-2: Croquis Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Google Maps es un servicio de mapas virtuales gratuito que permite localizar una dirección en el mapa con solo escribir el nombre del lugar o posicionar con coordenadas geográficas, además, ofrece imágenes desplazables de los diferentes mapas, fotografías por satélite e incluso permitirá generar rutas de un punto a otro.

Con la ayuda de Google Maps se ha generado un Croquis que permitirá ubicar la posición de la UECECH tal y como se muestra en la Figura 4-2.

Qcad

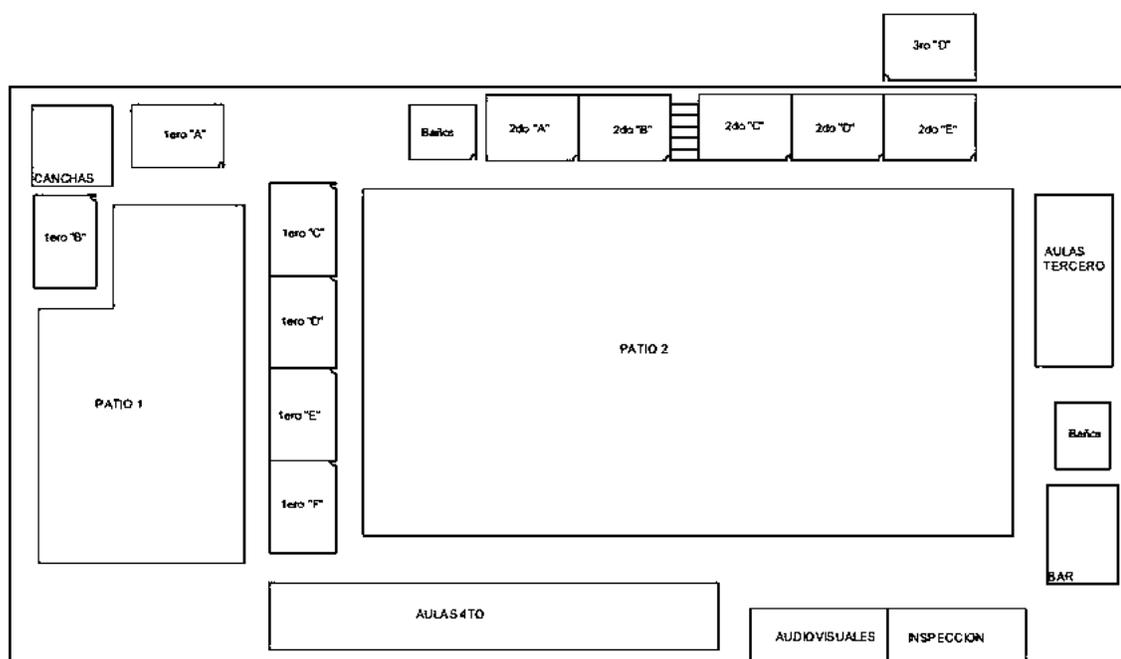


Figura 5-2: Plano Unidad Educativa Capitán Edmundo Chiriboga (Escuela)

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Qcad es un programa diseñado para la elaboración de planos en 2 dimensiones es una alternativa para el desarrollo de este tipo de trabajos gracias a la liberación de su código fuente entra en la categoría de software libre lo que la convierte la herramienta adecuada para el público general y para las pequeñas empresas que no cuentan con los recursos para adquirir licencias de programas más costosos.

Para una mejor apreciación de las instalaciones de la UECECH se ha elaborado un plano de las mismas, tal como se muestra en la Figura 5-2.

Virtual Family V2.0

Virtual Family es un conjunto de modelos CAD Figura 6-2, desarrollados por la fundación IT'IS, que es un conjunto de moldes virtuales anatómicos de una familia, que consta de cuatro integrantes (Tabla 1-2), estos modelos son imágenes de alta resolución segmentados para producir hasta 84 tejidos y órganos diferentes. (IT IS FOUNDATION , 2015)

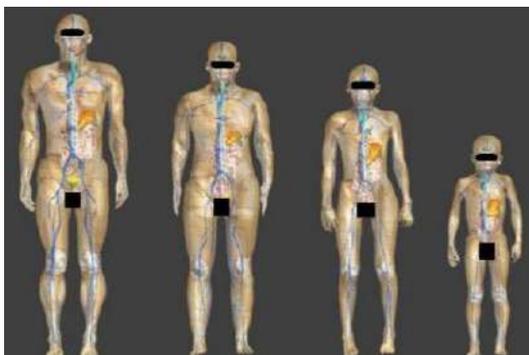


Figura 6-2: Modelos CAD Virtual Family V2.0

Fuente: <http://www.itis.ethz.ch/virtual-population/vpopulation-cvip-vip/vip2/>

Tabla 1-2: Datos Modelos Virtual Family 2.0

| Nombre | Sexo | Edad [Años] | Altura [m] | Peso [kg] | IMC [kg/m ²] |
|-------------------|-----------|-------------|------------|-----------|--------------------------|
| Duke | Masculino | 34 | 1.77 | 70.3 | 22.4 |
| Ella | Femenino | 26 | 1.63 | 57.3 | 21.5 |
| Billie | Femenino | 11 | 1.49 | 34.0 | 15.4 |
| Thelonious | Masculino | 6 | 1.15 | 18.6 | 14.1 |

Fuente: <https://www.itis.ethz.ch/virtual-population/virtual-population/vip2/>

En la Figura 6-2 se puede observar como la versión 2.0 del Virtual Family presenta a 4 integrantes que están conformados por personas de diferentes ciclos de vida y de ambos sexos, con el fin de generar modelos de alta calidad y realismo para optimizar el modelamiento biofísico y biomédico, con el objetivo de crear y realizar evaluaciones para la salud de los seres humanos.

Con la ayuda de estos modelos CAD y un adecuado proceso de medición, se puede obtener los valores de campo eléctrico espacial sobre los diferentes modelos presentados en este software, las mediciones se realizarán sobre varios puntos espaciales, la Tesis de Doctorado del Ingeniero Pedro Infante nos presenta una distribución espacial de 14 puntos (Figura 7-2) sobre el modelo CAD de Thelonious, en base a esta distribución se elaboraran las mediciones necesarias para la evaluación de radiación de este trabajo de titulación.

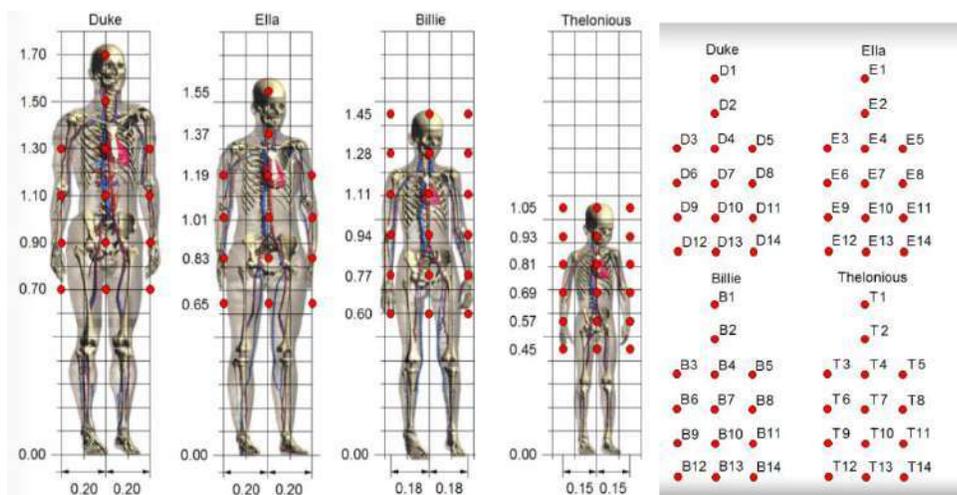


Figura 7-2: Distribución espacial en 14 puntos

Autor: Ingeniero Pedro Severo Infante Moreira

Visual Studio

Es un entorno de programación visual, proveniente de la compañía Microsoft que incluye varios lenguajes de programación como lo son Visual Basic, Visual C++ y Visual C#, además de que nos permite la integración de bases de datos externas, e incluye diversas librerías que asociaran nuestra programación a abreviaciones matemáticas o de funciones que facilitaran el desarrollo de aplicaciones que no solo están orientadas para las PC sino también para los dispositivos móviles, en la Figura 8-2 se puede apreciar la arquitectura del funcionamiento de Visual Studio.

Se ha usado Visual Studio para desarrollar la interfaz gráfica de la aplicación que permitirá mostrar las diversas graficas de los valores de las mediciones evaluados en este proyecto, el uso de esta

aplicación se ha dado bajo los términos de licencia con los que cuenta la Facultad de Informática y electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Figura 8-2: Arquitectura Visual Studio

Fuente: <http://softjovicy.blogspot.com/2013/03/introduccion-visual-basicnet.html>

MySQL

MySQL es un sistema para gestionar y crear bases de datos, este sistema cuenta con una licencia dual publica/comercial, se trabajará bajo los términos de la licencia publica que es de código abierto la cual es utilizada para fines educativos y no lucrativos.

Este sistema está desarrollado en su mayoría en lenguaje de programación ANSI y C++, es por este motivo que se ha elegido este sistema para la creación de las bases de datos que almacenaran todas las mediciones obtenidas a partir de los 10 días de medición en la UECECH ya que permitirá conectar las bases de datos creadas en MySQL a una interfaz gráfica elaborada en Visual Studio, es así que esta interfaz visual podrá acceder a los datos almacenados.

XAMPP

XAMPP es un servidor independiente de plataforma de código libre, que incluye servidores para bases de datos como MySQL y SQLite, con acceso a sus propios gestores, las ventajas de utilizar XAMPP se encuentra en que, a diferencia de otros gestores de servidores, solo requiere ser instalado y ejecutarlo para generar el servidor de las bases de datos.

Se utilizará XAMPP como servidor de la base de datos generada en MySQL, esto permite probar la aplicación sin necesidad de tener una conexión a un servidor externo, y gracias a su fácil uso no será necesario realizar cambios en la configuración de XAMPP para poder comunicar la base de datos con la interfaz gráfica.

2.3 Procedimiento para mediciones

Para el procedimiento utilizado en las mediciones se ha realizado el diagrama de flujo de la Figura 2-9, mediante un sistema de ciclo cerrado se observan los pasos para medir y obtener los resultados de las radiaciones no ionizantes de campo electromagnético promedio en 14 puntos sobre el modelo de Thelonious.



Figura 9-2: Arquitectura Visual Studio

Fuente: <http://softjovicy.blogspot.com/2013/03/introduccion-visual-basicnet.html>

2.4 Descripción para el procedimiento de mediciones de radiación no ionizante

1. Seleccionar 21 nodos para las mediciones indoor y distribuirlos, tanto, en la planta baja como alta de las instalaciones de la UECECH, estos nodos corresponden a los paralelos de Primero A, B, C, D, E, F (Planta baja) y Tercero D (Planta alta).

2. Seleccionar 9 nodos para las mediciones outdoor y distribuirlos en los patios de las instalaciones de la UECECH, la unidad educativa cuenta con 2 patios.
3. Utilizar el modelo de la familia virtual Thelonious en conjunto con la distribución de 14 puntos espaciales planteada por el Ingeniero Pedro Infante en su Tesis de Doctorado para este modelo, esta distribución servirá para realizar las mediciones 21 nodos indoor y 9 nodos outdoor los cuales sumandos en total conforman 30 nodos.
4. Simular el modelo Thelonious con la ayuda de un soporte de madera el cual contiene los 14 puntos espaciales planteados en el paso anterior, este soporte servirá para movilizar el equipo TENNMARS TM-196 a través de 14 puntos espaciales y medir el de campo eléctrico promedio en cada uno de ellos.
5. Realizar las mediciones de campo eléctrico promedio indoor y outdoor en los 30 nodos utilizando el soporte de madera y el equipo TENNMARS TM-196, dichas mediciones se realizarán en horario de 7am a 12:30pm durante un periodo de 10 días.
6. Realizar cada medición en 14 puntos para 30 nodos durante un lapso de 6 minutos, para cumplir con la normativa de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL
7. Llevar un registro fotográfico de las mediciones mostradas en el display del equipo con el fin de generar un respaldo de los datos guardados, en caso de que de perdida de información.
8. Tomar fotografías de cada nodo donde se realiza la medición generando un levantamiento visual.
9. Almacenar toda la información a Excel proveniente de las mediciones de forma manual una vez concluidas las mediciones, esto debido a que el equipo no permite importar esta información bajo software.
10. Determinar los valores máximos mínimos y promedios con los datos obtenidos en las mediciones, además a través de la formula obtener la intensidad de campo magnético y densidad de potencia.
11. Analizar los valores medidos de la intensidad de campo eléctrico a través del cálculo de la media, desviación estándar y percentiles para relacionarlos con las limitaciones de las normas nacionales (ARCOTEL) e internacionales (ICNIRP, UIT).
12. Realizar una aplicación con el software visual estudio, que permita elaborar cuadros comparativos entre los valores de las normativas vigentes y los valores obtenidos, visualizando el cumplimiento o no con las limitaciones de las normas nacionales(ARCOTEL) e internacionales(ICNIRP) vigentes, los cuales servirán para emitir un criterio sobre dichas limitaciones en la unidad educativa.

CAPITULO III

3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se describe el proceso necesitado para realizar las mediciones durante el periodo de tiempo ya especificado, así como, el procesamiento y análisis realizado sobre estas mediciones.

3.1 Distribución de nodos y medición en las instalaciones de la UECECH

Con la ayuda de las autoridades y docentes de la UECECH, se accedió a las instalaciones donde se visitó cada aula, y de acuerdo al espacio tanto físico de cada aula como de los patios recreativos, se realizó la planificación y distribución de acuerdo a la Tabla 1-3 tanto para la ubicación de cada nodo, así como las fechas en las que cada nodo sería evaluado, todo este proceso se lo realizó en días laborables de la Unidad Educativa, que es, de lunes a viernes en horario de 7:10 am a 12:20 pm.

Tabla 1-3: Planificación para las mediciones

| Etiqueta del Nodo | Localización | Fecha de medición |
|--------------------------------|---------------------|----------------------------|
| N1, N2, N3 | Primero "A" | 21-05-2018 |
| N4, N5, N6 | Primero "B" | 22-05-2015 |
| N7, N8, N9 | Primero "C" | 23-05-2018 |
| N10, N11, N12 | Primero "D" | 24-05-2018 |
| N13, N14, N15 | Primero "E" | 28-05-2018 |
| N16, N17, N18 | Primero "F" | 29-05-2018 |
| N19, N20, N21 | Tercero "D" | 30-05-2018 |
| N22, N23, N24, N25 | Patio 1 | 31-05-2018 y 01-06-2018 |
| N26, N27, N28, N29, N30 | Patio 2 | 01-06-2018 y 04-06-2018 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

3.1.1 Ubicación de los nodos en aulas y patios

En la Figura 1-3 se presenta el plano de la UECECH con la distribución de los 30 nodos que cubren todas las áreas, tanto indoor como outdoor de las instalaciones de la unidad educativa, cada uno de estos nodos consta de 14 puntos distribuidos sobre Thelonious, tal como, muestra la Figura 6-2.



Figura 1-3: Distribución de 30 nodos en el plano de la UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

3.1.2 Mediciones en 30 nodos distribuidos en las aulas y patios de la UECECH.

Para la medición en los 30 nodos, se recorrió las instalaciones de la UECECH de acuerdo a la planificación de la Tabla 1-3, al ingresar a cada una de las aulas se explicó tanto a niños como a docentes del plantel el procedimiento a seguir, además, se dio las indicaciones a los niños de no acercarse al equipo de medición con el fin de evitar interferencias al momento de realizar las mediciones.

Las mediciones en los 30 nodos se realizaron con el equipo TENMARS TM-196 con el cual se obtiene el valor promedio de campo eléctrico (E_{prom}), cada nodo está conformado por 14 puntos distribuidos a largo del modelo de Thelonious (Figura 6-2) y con la ayuda del soporte de madera que simula a Thelonious, se puede ubicar el equipo TENMARS TM-196 a cada una de las alturas presentadas en la distribución ya mencionada.

La medición en cada punto toma un tiempo de 6 minutos, en los cuales el equipo TENMARS TM-196 debe permanecer completamente inmóvil. Este proceso se repitió en cada uno de los 30 nodos en las distribuciones indoor (aulas) y outdoor (patios) de la UECECH, los valores obtenidos, así como

la distribución de cada nodo en las diferentes aulas y patios donde se realizó este proceso, se muestran a continuación:

Mediciones Indoor

Primero “A”

El aula de primero “A” localizada en la planta baja de la unidad educativa, está comprendido por los nodos N1, N2 Y N3 y su distribución en el aula se observa en la Figura 2-3, tomando en consideración la Tabla 1-3 en la cual se presenta la planificación de mediciones, los datos de campo eléctrico promedio se presentan en la Tabla 2-3, y para mayor apreciación se generó un levantamiento visual de los nodos N1, N2 Y N3 tal como muestra la Figura 3-3.

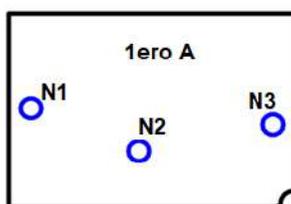


Figura 2-3: Distribución de nodos N1, N2, N3 en el Aula Primero “A”

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 3-3: Levantamiento visual nodos N1, N2, N3 en el aula Primero “A”

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Tabla 2-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de Primero “A”

| PARALELO "A" | | | | | | | | |
|---------------------------|------|-------------------|--------------------|-------|-------------------|--------------------|-------|-------------------|
| Fecha de toma: 21/05/2018 | | | | | | | | |
| Número del nodo: 1 | | | Número del nodo: 2 | | | Número del nodo: 3 | | |
| # Punto | Hora | E_{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E_{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E_{prom} (mV/m) |
| 1 | 8:50 | 404,6 | 1 | 10:30 | 158,1 | 1 | 12:08 | 112,2 |
| 2 | 8:43 | 0,5 | 2 | 10:23 | 281,2 | 2 | 12:01 | 448,1 |
| 3 | 8:23 | 446,7 | 3 | 10:03 | 244 | 3 | 11:41 | 261,7 |
| 4 | 8:30 | 491,9 | 4 | 10:09 | 253,6 | 4 | 11:47 | 4610 |
| 5 | 8:36 | 218,9 | 5 | 10:15 | 338,1 | 5 | 11:54 | 4244 |
| 6 | 8:03 | 284,7 | 6 | 9:41 | 126 | 6 | 11:20 | 0,5 |
| 7 | 8:09 | 220,2 | 7 | 9:49 | 385,8 | 7 | 11:27 | 140,7 |
| 8 | 8:15 | 0,5 | 8 | 9:55 | 217 | 8 | 11:34 | 365,5 |
| 9 | 7:44 | 733,9 | 9 | 9:20 | 0,5 | 9 | 10:59 | 251,6 |
| 10 | 7:51 | 490,3 | 10 | 9:27 | 12:00 | 10 | 11:06 | 374 |
| 11 | 7:58 | 179 | 11 | 9:34 | 0,5 | 11 | 11:14 | 228,4 |
| 12 | 7:22 | 45 | 12 | 9:00 | 262,2 | 12 | 10:39 | 257,8 |
| 13 | 7:28 | 295 | 13 | 9:06 | 169,9 | 13 | 10:46 | 0,5 |
| 14 | 7:36 | 701,6 | 14 | 9:13 | 155,9 | 14 | 10:52 | 543,6 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Primero “B”

El aula de primero “B” localizada en la planta baja de la unidad educativa, está comprendido por los nodos N4, N5 Y N6 y su distribución en el aula se observa en la Figura 4-3, tomando en consideración la Tabla 1-3 en la cual se presenta la planificación de mediciones, los datos de campo eléctrico promedio se presentan en la Tabla 3-3, y para mayor apreciación se generó un levantamiento visual de los nodos N4, N5 Y N6 tal como muestra la Figura 5-3.

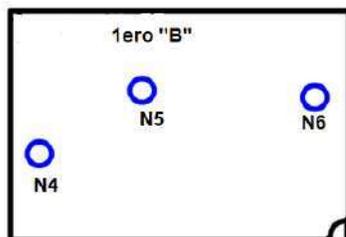


Figura 4-3: Distribución nodos N4, N5, N6 en el aula de Primero “B”

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Tabla 3-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de Primero "B"

| PARALELO "B" | | | | | | | | |
|---------------------------|------|-------------------|--------------------|-------|-------------------|--------------------|-------|-------------------|
| Fecha de toma: 22/05/2018 | | | | | | | | |
| Número del nodo: 4 | | | Número del nodo: 5 | | | Número del nodo: 6 | | |
| # Punto | Hora | E_{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E_{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E_{prom} (mV/m) |
| 1 | 8:45 | 394,3 | 1 | 10:37 | 215,8 | 1 | 12:20 | 204,6 |
| 2 | 8:39 | 281,4 | 2 | 10:30 | 358 | 2 | 12:12 | 348 |
| 3 | 8:20 | 177,6 | 3 | 10:10 | 203,8 | 3 | 11:52 | 364,5 |
| 4 | 8:26 | 306,2 | 4 | 10:17 | 2557 | 4 | 11:58 | 371,6 |
| 5 | 8:32 | 302 | 5 | 10:23 | 332,1 | 5 | 12:05 | 0,5 |
| 6 | 8:00 | 180 | 6 | 9:50 | 450,4 | 6 | 11:32 | 880,5 |
| 7 | 8:07 | 422,9 | 7 | 9:57 | 0,5 | 7 | 11:38 | 606,9 |
| 8 | 8:14 | 949 | 8 | 10:04 | 449 | 8 | 11:45 | 3174 |
| 9 | 7:42 | 128,4 | 9 | 9:30 | 511,3 | 9 | 11:11 | 828 |
| 10 | 7:48 | 250,8 | 10 | 9:37 | 570,2 | 10 | 11:18 | 709,4 |
| 11 | 7:54 | 311,4 | 11 | 9:43 | 179,2 | 11 | 11:24 | 4144 |
| 12 | 7:22 | 311,9 | 12 | 9:09 | 177 | 12 | 10:50 | 120,4 |
| 13 | 7:08 | 0,5 | 13 | 9:17 | 435,8 | 13 | 10:57 | 458,9 |
| 14 | 7:34 | 240,6 | 14 | 9:23 | 267,4 | 14 | 11:03 | 383,2 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 5-3: Levantamiento visual nodos N4, N5, N6 en el aula Primero "B"

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Primero "C"

El aula de primero "C" localizada en la planta baja de la unidad educativa, está comprendido por los nodos N7, N8 Y N9 y su distribución en el aula se observa en la Figura 6-3, tomando en consideración la Tabla 1-3 en la cual se presenta la planificación de mediciones, los datos de campo eléctrico promedio se presentan en la Tabla 4-3, y para mayor apreciación se generó un levantamiento visual de los nodos N7, N8 Y N9 tal como muestra la Figura 7-3.

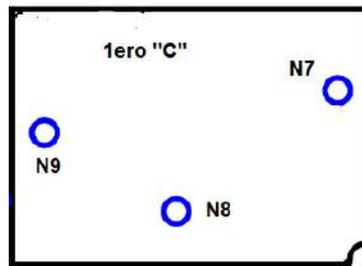


Figura 6-3: Distribución nodos N7, N8, N9 en el aula de Primero "C"

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 7-3: Levantamiento visual nodos N7, N8, N9 en el aula Primero "C"

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Tabla 4-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (Eprom) en el aula de Primero “C”

| PARALELO "C" | | | | | | | | |
|---------------------------|------|--------------------------|--------------------|-------|--------------------------|--------------------|-------|--------------------------|
| Fecha de toma: 23/05/2018 | | | | | | | | |
| Número del nodo: 7 | | | Número del nodo: 8 | | | Número del nodo: 9 | | |
| # Punto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) |
| 1 | 8:47 | 83,6 | 1 | 10:24 | 211,2 | 1 | 12:02 | 476 |
| 2 | 8:40 | 335,3 | 2 | 10:17 | 226,8 | 2 | 11:55 | 52,3 |
| 3 | 8:21 | 319 | 3 | 9:58 | 403,5 | 3 | 11:35 | 170,3 |
| 4 | 8:27 | 450,9 | 4 | 10:04 | 0,5 | 4 | 11:41 | 148,2 |
| 5 | 8:33 | 403,4 | 5 | 10:11 | 685,2 | 5 | 11:48 | 94 |
| 6 | 8:01 | 528,7 | 6 | 9:37 | 0,5 | 6 | 11:16 | 118 |
| 7 | 8:07 | 682,7 | 7 | 9:44 | 155,8 | 7 | 11:22 | 400,4 |
| 8 | 8:14 | 398,4 | 8 | 9:50 | 9,4 | 8 | 11:28 | 152,8 |
| 9 | 7:41 | 656,2 | 9 | 9:17 | 0,5 | 9 | 10:55 | 100 |
| 10 | 7:48 | 287,8 | 10 | 9:24 | 0,5 | 10 | 11:02 | 106,4 |
| 11 | 7:54 | 479,4 | 11 | 9:30 | 0,5 | 11 | 11:08 | 0,5 |
| 12 | 7:21 | 496,3 | 12 | 8:57 | 386,1 | 12 | 10:35 | 391,8 |
| 13 | 7:28 | 266,3 | 13 | 9:04 | 3347 | 13 | 10:42 | 475,1 |
| 14 | 7:34 | 811,1 | 14 | 9:11 | 0,5 | 14 | 10:48 | 420,8 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Primero “D”

El aula de primero “D” localizada en la planta baja de la unidad educativa, está comprendido por los nodos N10, N11 Y N12 y su distribución en el aula se observa en la Figura 8-3, tomando en consideración la Tabla 1-3 en la cual se presenta la planificación de mediciones, los datos de campo eléctrico promedio se presentan en la Tabla 5-3, y para mayor apreciación se generó un levantamiento visual de los nodos N10, N11 Y N12 tal como muestra la Figura 9-3.

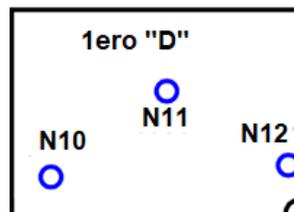


Figura 8-3: Distribución nodos N10, N11, N12 en el aula de Primero “D”

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Tabla 5-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (Eprom) en el aula de Primero “D”

| PARALELO "D" | | | | | | | | |
|---------------------------|------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|
| Fecha de toma: 24/05/2018 | | | | | | | | |
| Número del nodo: 10 | | | Número del nodo: 11 | | | Número del nodo: 12 | | |
| # Punto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) |
| 1 | 8:49 | 0,5 | 1 | 10:36 | 185,8 | 1 | 12:18 | 0,5 |
| 2 | 8:42 | 164,4 | 2 | 10:29 | 0,5 | 2 | 12:11 | 0,5 |
| 3 | 8:23 | 0,5 | 3 | 10:02 | 185,5 | 3 | 11:50 | 74,3 |
| 4 | 8:29 | 0,5 | 4 | 10:08 | 0,5 | 4 | 11:58 | 77,9 |
| 5 | 8:35 | 0,5 | 5 | 10:15 | 0,5 | 5 | 12:04 | 57,4 |
| 6 | 8:03 | 0,5 | 6 | 9:42 | 1115,64 | 6 | 11:29 | 98,4 |
| 7 | 8:09 | 191,9 | 7 | 9:49 | 141,3 | 7 | 11:36 | 81,2 |
| 8 | 8:16 | 204,6 | 8 | 9:55 | 0,5 | 8 | 11:43 | 0,5 |
| 9 | 7:43 | 864,2 | 9 | 9:20 | 168,1 | 9 | 11:07 | 0,5 |
| 10 | 7:49 | 221,7 | 10 | 9:27 | 155,9 | 10 | 11:14 | 64 |
| 11 | 7:57 | 235,8 | 11 | 9:33 | 0,5 | 11 | 11:21 | 67,4 |
| 12 | 7:22 | 0,5 | 12 | 8:59 | 160,5 | 12 | 10:48 | 74,3 |
| 13 | 7:28 | 231,8 | 13 | 9:06 | 124,6 | 13 | 10:55 | 0,5 |
| 14 | 7:35 | 264,8 | 14 | 9:12 | 0,5 | 14 | 11:01 | 0,5 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 9-3: Levantamiento visual nodos N10, N11, N12 en el aula Primero “D”

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Primero "E"

El aula de primero "E" localizada en la planta baja de la unidad educativa, está comprendido por los nodos N13, N14 Y N15 y su distribución en el aula se observa en la Figura 10-3, tomando en consideración la Tabla 1-3 en la cual se presenta la planificación de mediciones, los datos de campo eléctrico promedio se presentan en la Tabla 6-3, y para mayor apreciación se generó un levantamiento visual de los nodos N13, N14 Y N15 tal como muestra la Figura 11-3.

Tabla 6-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de "E"

| PARALELO "E" | | | | | | | | |
|----------------------------------|------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|
| Fecha de toma: 28/05/2018 | | | | | | | | |
| Número del nodo: 13 | | | Número del nodo: 14 | | | Número del nodo: 15 | | |
| # Punto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) |
| 1 | 8:50 | 257,5 | 1 | 10:30 | 274,2 | 1 | 12:20 | 326,1 |
| 2 | 8:44 | 371,2 | 2 | 10:23 | 3599 | 2 | 12:11 | 326,6 |
| 3 | 8:23 | 126,3 | 3 | 10:03 | 1927,7 | 3 | 11:53 | 230,3 |
| 4 | 8:29 | 111,9 | 4 | 10:10 | 2003 | 4 | 12:00 | 186,2 |
| 5 | 8:36 | 489,3 | 5 | 10:16 | 2696 | 5 | 12:06 | 6206 |
| 6 | 8:03 | 481,4 | 6 | 9:43 | 1039,4 | 6 | 11:27 | 362 |
| 7 | 8:10 | 180 | 7 | 9:50 | 1953,6 | 7 | 11:33 | 459,5 |
| 8 | 8:16 | 428,6 | 8 | 9:57 | 5756 | 8 | 11:40 | 587,3 |
| 9 | 7:43 | 7880 | 9 | 9:23 | 882,9 | 9 | 11:04 | 259,1 |
| 10 | 7:50 | 378,1 | 10 | 9:30 | 1836 | 10 | 11:12 | 226 |
| 11 | 7:56 | 301,7 | 11 | 9:37 | 758,6 | 11 | 11:19 | 5254 |
| 12 | 7:23 | 696,1 | 12 | 9:02 | 191,9 | 12 | 10:43 | 335,7 |
| 13 | 7:30 | 144,7 | 13 | 9:08 | 667,5 | 13 | 10:50 | 287,5 |
| 14 | 7:36 | 675 | 14 | 9:15 | 600,1 | 14 | 10:56 | 3749 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

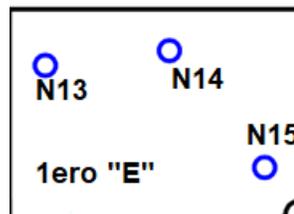


Figura 10-3: Distribución nodos N13, N14, N15 en el Aula de Primero "E"

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 11-3: Levantamiento visual nodos N13, N14, N15 en el aula Primero “E”

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Primero “F”

El aula de primero “F” localizada en la planta baja de la unidad educativa, está comprendido por los nodos N16, N17 Y N18 y su distribución en el aula se observa en la Figura 12-3, tomando en consideración la Tabla 1-3 en la cual se presenta la planificación de mediciones, los datos de campo eléctrico promedio se presentan en la Tabla 7-3, y para mayor apreciación se generó un levantamiento visual de los nodos N16, N17 Y N18 tal como muestra la Figura 13-3.

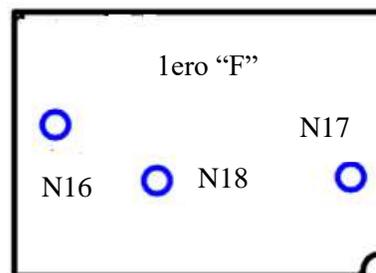


Figura 12-3: Distribución nodos N16, N17, N18 en el aula de Primero “F”

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Tabla 7-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el aula de “F”

| PARALELO "F" | | | | | | | | |
|---------------------------|------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|
| Fecha de toma: 29/05/2018 | | | | | | | | |
| Número del nodo: 16 | | | Número del nodo: 17 | | | Número del nodo: 18 | | |
| # Punto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) |
| 1 | 8:59 | 277,2 | 1 | 10:33 | 309,1 | 1 | 12:15 | 410,9 |
| 2 | 8:52 | 261,6 | 2 | 10:27 | 276,1 | 2 | 12:08 | 288,6 |
| 3 | 8:33 | 416,6 | 3 | 10:06 | 33,4 | 3 | 11:48 | 166,7 |
| 4 | 8:39 | 288,1 | 4 | 10:13 | 139,1 | 4 | 11:54 | 111,2 |
| 5 | 8:45 | 284 | 5 | 10:19 | 86,5 | 5 | 12:01 | 84,6 |
| 6 | 8:12 | 264,8 | 6 | 9:47 | 120,6 | 6 | 11:28 | 221 |
| 7 | 8:18 | 449 | 7 | 9:53 | 107 | 7 | 11:35 | 270,8 |
| 8 | 8:25 | 262,1 | 8 | 9:59 | 74,2 | 8 | 11:41 | 109,8 |
| 9 | 7:52 | 313,5 | 9 | 9:28 | 266,1 | 9 | 11:09 | 137,8 |
| 10 | 7:59 | 255,5 | 10 | 9:34 | 461,2 | 10 | 11:15 | 86,5 |
| 11 | 8:05 | 0,5 | 11 | 9:40 | 0,5 | 11 | 11:21 | 204,5 |
| 12 | 7:32 | 418,6 | 12 | 9:06 | 229,2 | 12 | 10:48 | 85,9 |
| 13 | 7:39 | 0,5 | 13 | 9:13 | 81,2 | 13 | 10:55 | 105,6 |
| 14 | 7:45 | 269,2 | 14 | 9:19 | 48 | 14 | 11:01 | 130,8 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 13-3: Levantamiento visual nodos N16, N17, N18 en el aula Primero “F”

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Tercero "D"

El aula de primero "F" localizada en la planta alta de la unidad educativa, está comprendido por los nodos N19, N20 Y N21 y su distribución en el aula se observa en la Figura 14-3, tomando en consideración la Tabla 1-3 en la cual se presenta la planificación de mediciones, los datos de campo eléctrico promedio se presentan en la Tabla 8-3, y para mayor apreciación se generó un levantamiento visual de los nodos N19, N20 Y N21 tal como muestra la Figura 15-3.

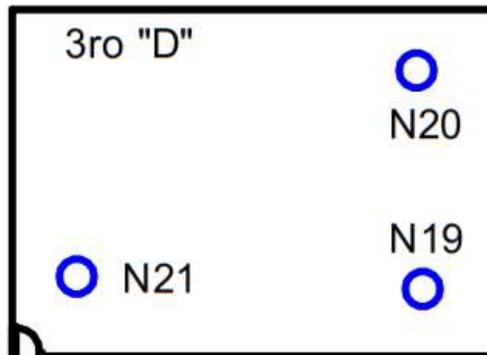


Figura 14-3: Distribución nodos N19, N20, N21 en el aula de Primero Aula Segundo Piso (3ro "D")

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 15-3: Levantamiento visual nodos N19, N20, N21 en el aula 3ro "D"

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Tabla 8-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (Eprom) en el Aula de 3ro “D”

| SEGUNDO PISO | | | | | | | | |
|---------------------------|------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|
| Fecha de toma: 30/05/2018 | | | | | | | | |
| Número del nodo: 19 | | | Número del nodo: 20 | | | Número del nodo: 21 | | |
| # Punto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) |
| 1 | 8:53 | 664,5 | 1 | 10:28 | 474,6 | 1 | 12:06 | 519,8 |
| 2 | 8:47 | 710,5 | 2 | 10:21 | 777,1 | 2 | 12:00 | 827,6 |
| 3 | 8:28 | 608,4 | 3 | 10:01 | 707,8 | 3 | 11:40 | 679,3 |
| 4 | 8:34 | 580,2 | 4 | 10:08 | 701,6 | 4 | 11:47 | 518 |
| 5 | 8:40 | 532,5 | 5 | 10:14 | 568,4 | 5 | 11:53 | 894,8 |
| 6 | 8:08 | 632,6 | 6 | 9:41 | 741,1 | 6 | 11:20 | 736,3 |
| 7 | 8:14 | 611,9 | 7 | 9:48 | 896,2 | 7 | 11:26 | 492,8 |
| 8 | 8:20 | 629,4 | 8 | 9:54 | 753,5 | 8 | 11:33 | 561,6 |
| 9 | 7:49 | 806,1 | 9 | 9:22 | 720,5 | 9 | 11:00 | 474 |
| 10 | 7:55 | 796,5 | 10 | 9:28 | 602,3 | 10 | 11:06 | 1297 |
| 11 | 8:01 | 417,9 | 11 | 9:34 | 720 | 11 | 11:13 | 419 |
| 12 | 7:25 | 669,3 | 12 | 9:02 | 418,4 | 12 | 10:40 | 849 |
| 13 | 7:32 | 637,3 | 13 | 9:08 | 658,6 | 13 | 10:46 | 556 |
| 14 | 7:38 | 395,3 | 14 | 9:15 | 571,1 | 14 | 10:53 | 624 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Mediciones Outdoor

Patio 1



Figura 16-3: Levantamiento visual nodos N22, N23, N24, N25 Patio 1

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

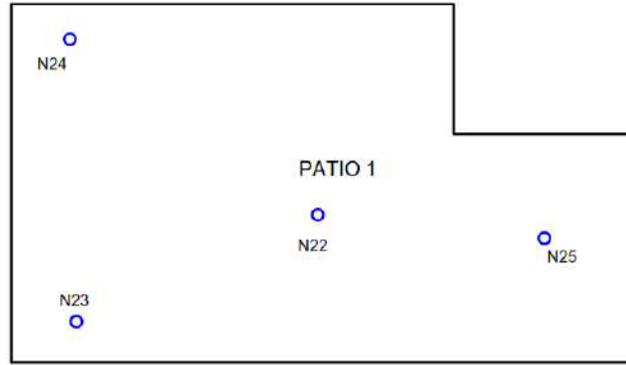


Figura 17-3: Distribución nodos N22, N23, N24, N25 en el Patio 1

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El patio 1 localizado en los exteriores de las aulas de la UECECH, está comprendido por los nodos N22, N23, N24 Y N25 y su distribución se observa en la Figura 17-3, tomando en consideración la Tabla 1-3 en la cual se presenta la planificación de mediciones, los datos de campo eléctrico promedio se presentan en la Tabla 9-3, y para mayor apreciación se generó un levantamiento visual de los nodos N22, N23, N24 Y N25 tal como muestra la Figura 16-3.

Tabla 9-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (E_{prom}) en el Patio 1

| PATIO 1 | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|------------------------------|-------|--------------------------|
| Fecha de toma: 31/05/2018 | | | | | | | | | Fecha de toma: 01/06/2018 | | |
| Número del nodo: 22 | | | Número del nodo: 23 | | | Número del nodo: 24 | | | Número del nodo: 25 | | |
| # Punto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) |
| 1 | 9:00 | 220,1 | 1 | 10:32 | 405,7 | 1 | 12:10 | 109,8 | 1 | 12:06 | 409,5 |
| 2 | 8:53 | 301,7 | 2 | 10:25 | 290,1 | 2 | 12:04 | 168,3 | 2 | 12:00 | 5170 |
| 3 | 8:32 | 490,3 | 3 | 10:05 | 60 | 3 | 11:44 | 0,5 | 3 | 11:40 | 3194 |
| 4 | 8:40 | 153,5 | 4 | 10:12 | 0,5 | 4 | 11:51 | 0,5 | 4 | 11:47 | 469,4 |
| 5 | 8:46 | 479,3 | 5 | 10:19 | 52,9 | 5 | 11:57 | 0,5 | 5 | 11:53 | 480,4 |
| 6 | 8:08 | 638,9 | 6 | 9:46 | 7,6 | 6 | 11:19 | 143,9 | 6 | 11:20 | 463,3 |
| 7 | 8:20 | 329 | 7 | 9:52 | 168,1 | 7 | 11:25 | 203,2 | 7 | 11:26 | 298,9 |
| 8 | 8:26 | 285,2 | 8 | 9:59 | 338,4 | 8 | 11:38 | 0,5 | 8 | 11:33 | 111,3 |
| 9 | 7:46 | 550,4 | 9 | 9:26 | 190,6 | 9 | 11:58 | 214,9 | 9 | 11:00 | 603,5 |
| 10 | 7:55 | 492,1 | 10 | 9:33 | 160 | 10 | 11:06 | 190,5 | 10 | 11:06 | 627 |
| 11 | 8:01 | 520,9 | 11 | 9:39 | 0,5 | 11 | 11:12 | 162,7 | 11 | 11:13 | 463,9 |
| 12 | 7:26 | 297,5 | 12 | 9:06 | 386,9 | 12 | 10:38 | 316,4 | 12 | 10:40 | 351,3 |
| 13 | 7:32 | 296,6 | 13 | 9:13 | 326,6 | 13 | 10:44 | 42,4 | 13 | 10:46 | 585,8 |
| 14 | 7:39 | 784,8 | 14 | 9:20 | 0,5 | 14 | 10:51 | 21,9 | 14 | 10:53 | 532,8 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Patio 2

El patio 1 localizado en los exteriores de las aulas de la UECECH, está comprendido por los nodos N26, N27, N28, N29 Y N30 y su distribución se observa en la Figura 18-3, tomando en consideración la Tabla 1-3 en la cual se presenta la planificación de mediciones, los datos de campo eléctrico promedio se presentan en la Tabla 10-3, y para mayor apreciación se generó un levantamiento visual de los nodos N26, N27, N28, N29 Y N30 tal como muestra la Figura 19-3.

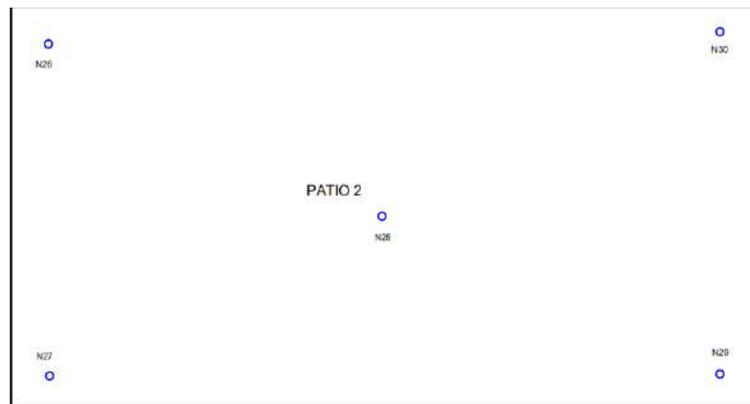


Figura 18-3: Distribución nodos N26, N27, N28, N29, N30 en el Patio 2

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 19-3: Levantamiento visual del Patio 2

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Tabla 10-3: Mediciones de Campo Electrico Promedio (Eprom) en el Patio 2

| PATIO 2 | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|---------------------------|------|--------------------------|---------------------|-------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| Fecha de toma: 01/06/2018 | | | | | | Fecha de toma: 04/06/2018 | | | | | | | |
| Número del nodo: 26 | | | Número del nodo: 27 | | | Número del nodo: 28 | | | Número del nodo: 29 | | | Número del nodo: 5 | |
| # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | Hora | E _{prom} (mV/m) | # Pto | E _{prom} (mV/m) |
| 1 | 10:22 | 415,6 | 1 | 11:56 | 239 | 1 | 9:17 | 292,7 | 1 | 10:55 | 142,6 | 1 | 0,5 |
| 2 | 10:15 | 185 | 2 | 11:49 | 104,8 | 2 | 9:10 | 353,3 | 2 | 10:48 | 112,8 | 2 | 0,5 |
| 3 | 9:55 | 202 | 3 | 11:29 | 303,8 | 3 | 8:45 | 383,2 | 3 | 10:29 | 0,5 | 3 | 151 |
| 4 | 10:05 | 362,6 | 4 | 11:36 | 27,1 | 4 | 8:51 | 302,2 | 4 | 10:35 | 81 | 4 | 235,5 |
| 5 | 10:08 | 110,5 | 5 | 11:42 | 225,1 | 5 | 8:58 | 379,8 | 5 | 10:41 | 0,5 | 5 | 193,8 |
| 6 | 9:36 | 129,1 | 6 | 11:10 | 218,6 | 6 | 8:25 | 399,2 | 6 | 10:09 | 104,4 | 6 | 374,7 |
| 7 | 9:42 | 464,2 | 7 | 11:16 | 0,5 | 7 | 8:31 | 257,1 | 7 | 10:16 | 155 | 7 | 303,2 |
| 8 | 9:49 | 221,3 | 8 | 11:23 | 213,5 | 8 | 8:38 | 6,6 | 8 | 10:22 | 166 | 8 | 0,5 |
| 9 | 9:16 | 418,6 | 9 | 10:51 | 0,5 | 9 | 8:05 | 2786 | 9 | 9:50 | 188,6 | 9 | 180,6 |
| 10 | 9:23 | 454,8 | 10 | 10:57 | 0,5 | 10 | 8:11 | 37,4 | 10 | 9:56 | 126,8 | 10 | 0,5 |
| 11 | 9:29 | 360,8 | 11 | 11:03 | 0,5 | 11 | 8:18 | 3242 | 11 | 10:03 | 243,5 | 11 | 129,7 |
| 12 | 8:57 | 433,4 | 12 | 10:31 | 0,5 | 12 | 7:46 | 2817 | 12 | 9:31 | 219,4 | 12 | 407,7 |
| 13 | 9:03 | 175,9 | 13 | 10:37 | 159 | 13 | 7:52 | 1431,7 | 13 | 9:37 | 203,8 | 13 | 132,6 |
| 14 | 9:10 | 683,9 | 14 | 10:44 | 225,2 | 14 | 7:58 | 2273 | 14 | 9:43 | 0,5 | 14 | 179,5 |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

3.2 Procesamiento e interpretación visual de datos

Para el desarrollo de esta aplicación se ha dividido este proceso en 3 fases tal como muestra la Figura 20-3.

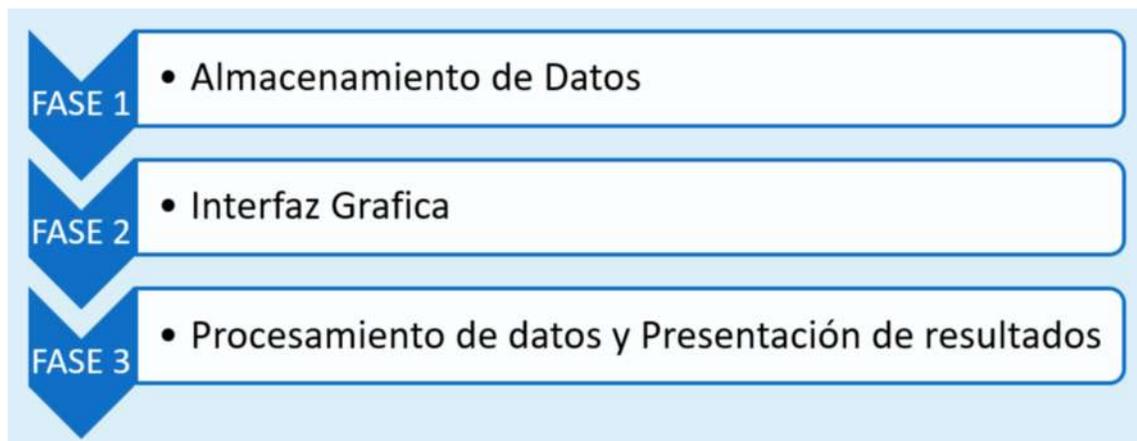


Figura 20-3: Fases de la aplicación para procesamiento e interpretación visual de datos.

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

3.2.1 Fase 1 Almacenamiento de Datos

Después de realizar las mediciones en las instalaciones de la unidad educativa tal como se estableció en el cronograma de la Tabla 1-3 se obtuvo un total de 420 valores de campo eléctrico promedio, estos datos fueron almacenados en hojas de Excel tal como muestra la Figura 21-3.

Después de tener ingresados los datos en Excel se procedió a realizar la exportación de esta información a una base de datos a MYSQL (Figura 22-3) software que se usó como gestor de base de datos para el desarrollo de la aplicación elaborada para el presente trabajo de titulación.

| | NODO | PUNTO | CAMPO ELÉCTRICO (mV/m) | CAMPO MAGNÉTICO (mA/m) | DENSIDAD DE POTENCIA (uW/m ²) | FECHA Y HORA | PARALELO |
|----|------|-------|------------------------|------------------------|---|---------------------|----------|
| 5 | 1 | 1 | 404,6 | 1,0732 | 434,2206 | 2018/05/21 08:50:00 | A |
| 6 | 1 | 2 | 0,5 | 0,0013 | 0,0007 | 2018/05/21 08:43:00 | A |
| 7 | 1 | 3 | 446,7 | 1,1849 | 529,2862 | 2018/05/21 08:23:00 | A |
| 8 | 1 | 4 | 491,9 | 1,3048 | 641,8186 | 2018/05/21 08:30:00 | A |
| 9 | 1 | 5 | 218,9 | 0,5806 | 127,1014 | 2018/05/21 08:36:00 | A |
| 10 | 1 | 6 | 284,7 | 0,7552 | 214,9976 | 2018/05/21 08:03:00 | A |
| 11 | 1 | 7 | 220,2 | 0,5841 | 128,6155 | 2018/05/21 08:09:00 | A |
| 12 | 1 | 8 | 0,5 | 0,0013 | 0,0007 | 2018/05/21 08:15:00 | A |
| 13 | 1 | 9 | 733,9 | 1,9467 | 1428,6716 | 2018/05/21 07:44:00 | A |
| 14 | 1 | 10 | 490,3 | 1,3005 | 637,6501 | 2018/05/21 07:51:00 | A |
| 15 | 1 | 11 | 179 | 0,4748 | 84,9894 | 2018/05/21 07:58:00 | A |
| 16 | 1 | 12 | 45 | 0,1194 | 5,3714 | 2018/05/21 07:22:00 | A |
| 17 | 1 | 13 | 295 | 0,7825 | 230,8355 | 2018/05/21 07:28:00 | A |
| 18 | 1 | 14 | 701,6 | 1,8610 | 1305,6832 | 2018/05/21 07:36:00 | A |
| 19 | 2 | 1 | 158,1 | 0,4194 | 66,3014 | 2018/05/21 10:30:00 | A |
| 20 | 2 | 2 | 281,2 | 0,7459 | 209,7439 | 2018/05/21 10:23:00 | A |
| 21 | 2 | 3 | 244 | 0,6472 | 157,9204 | 2018/05/21 10:03:00 | A |
| 22 | 2 | 4 | 253,6 | 0,6727 | 170,5914 | 2018/05/21 10:09:00 | A |
| 23 | 2 | 5 | 338,1 | 0,8968 | 303,2138 | 2018/05/21 10:15:00 | A |
| 24 | 2 | 6 | 126 | 0,3342 | 42,1114 | 2018/05/21 09:34:00 | A |
| 25 | 2 | 7 | 385,8 | 1,0233 | 394,8054 | 2018/05/21 09:41:00 | A |
| 26 | 2 | 8 | 217 | 0,5756 | 124,9045 | 2018/05/21 09:55:00 | A |

Figura 21-3: Almacenamiento de datos en Excel.

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

En la Figura 21-3, se detalla la información principal de las mediciones como lo son: el número de nodo al que pertenece un total de 30, el número de puntos un total de 14 puntos por cada nodo, el paralelo, fecha y hora de la medición.

Ya que las mediciones se realizaron en región de campo lejano, se obtuvo el valor equivalente de campo magnético a partir de la formula (2), se obtuvo el valor equivalente de densidad de potencia a partir de la formula (3)

| nodo | punto | ce | cm | potencia | fecha | paralelo |
|------|-------|--------|--------|----------|---------------------|----------|
| 1 | 1 | 0.4046 | 1.0732 | 0.4342 | 2018-05-21 08:50:00 | A |
| 1 | 2 | 0.0005 | 0.0013 | 0 | 2018-05-21 08:43:00 | A |
| 1 | 3 | 0.4467 | 1.1849 | 0.5293 | 2018-05-21 08:23:00 | A |
| 1 | 4 | 0.4919 | 1.3048 | 0.6418 | 2018-05-21 08:30:00 | A |
| 1 | 5 | 0.2189 | 0.5806 | 0.1271 | 2018-05-21 08:36:00 | A |
| 1 | 6 | 0.2847 | 0.7552 | 0.215 | 2018-05-21 08:03:00 | A |
| 1 | 7 | 0.2202 | 0.5841 | 0.1286 | 2018-05-21 08:09:00 | A |
| 1 | 8 | 0.0005 | 0.0013 | 0 | 2018-05-21 08:15:00 | A |
| 1 | 9 | 0.7339 | 1.9467 | 1.4287 | 2018-05-21 07:44:00 | A |
| 1 | 10 | 0.4903 | 1.3005 | 0.6377 | 2018-05-21 07:51:00 | A |
| 1 | 11 | 0.179 | 0.4748 | 0.085 | 2018-05-21 07:58:00 | A |
| 1 | 12 | 0.045 | 0.1194 | 0.0054 | 2018-05-21 07:22:00 | A |
| 1 | 13 | 0.295 | 0.7825 | 0.2308 | 2018-05-21 07:28:00 | A |
| 1 | 14 | 0.7016 | 1.861 | 1.3057 | 2018-05-21 07:36:00 | A |
| 2 | 1 | 0.1581 | 0.4194 | 0.0663 | 2018-05-21 10:30:00 | A |
| 2 | 2 | 0.2812 | 0.7459 | 0.2097 | 2018-05-21 10:23:00 | A |
| 2 | 3 | 0.244 | 0.6472 | 0.1579 | 2018-05-21 10:03:00 | A |
| 2 | 4 | 0.2536 | 0.6727 | 0.1706 | 2018-05-21 10:09:00 | A |
| 2 | 5 | 0.3381 | 0.8968 | 0.3032 | 2018-05-21 10:15:00 | A |
| 2 | 6 | 0.126 | 0.3342 | 0.0421 | 2018-05-21 09:34:00 | A |
| 2 | 7 | 0.3858 | 1.0233 | 0.3948 | 2018-05-21 09:41:00 | A |
| 2 | 8 | 0.217 | 0.5756 | 0.1249 | 2018-05-21 09:55:00 | A |
| 2 | 9 | 0.0005 | 0.0013 | 0 | 2018-05-21 09:13:00 | A |
| 2 | 10 | 0 | 0.0013 | 0 | 2018-05-21 09:20:00 | A |
| 2 | 11 | 0.0005 | 0.0013 | 0 | 2018-05-21 09:27:00 | A |
| 2 | 12 | 0.2622 | 0.6955 | 0.1824 | 2018-05-21 09:00:00 | A |
| 2 | 13 | 0.1699 | 0.4507 | 0.0766 | 2018-05-21 09:00:00 | A |
| 2 | 14 | 0.1559 | 0.4135 | 0.0645 | 2018-05-21 09:06:00 | A |
| 3 | 1 | 0.1122 | 0.2976 | 0.0334 | 2018-05-21 12:08:00 | A |
| 3 | 2 | 0.4481 | 1.1886 | 0.5326 | 2018-05-21 12:01:00 | A |
| 3 | 3 | 0.2617 | 0.6942 | 0.1817 | 2018-05-21 11:41:00 | A |

Figura 22-3: Base de datos MYSQL

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

En la Figura 22-3 se muestra la base de datos, está realizada sobre la plataforma de MySQL, donde se importó los valores de las mediciones realizadas en las instalaciones de la UECECH.

3.2.2 Fase 2 Interfaz Gráfica

Se realizó una interfaz gráfica basada ventanas (Figura 23-3), cada ventana cuenta con diferentes menús de selección que nos permitirán ir navegando por las diferentes opciones creadas (Figura 24-3).

En la Figura 24-3 se observa las opciones creadas para los realizar el procesamiento de los diferentes datos, al seleccionar la opción por paralelo obtendremos la ventana de la Figura 25-3, y al seleccionar la opción general obtendremos una lista de opciones (Figura 26-3) para realizar el cálculo dependiendo a las necesidades del usuario.



Figura 23-3: Interfaz Visual del Programa

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 24-3: Menú Interactivo del Programa

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

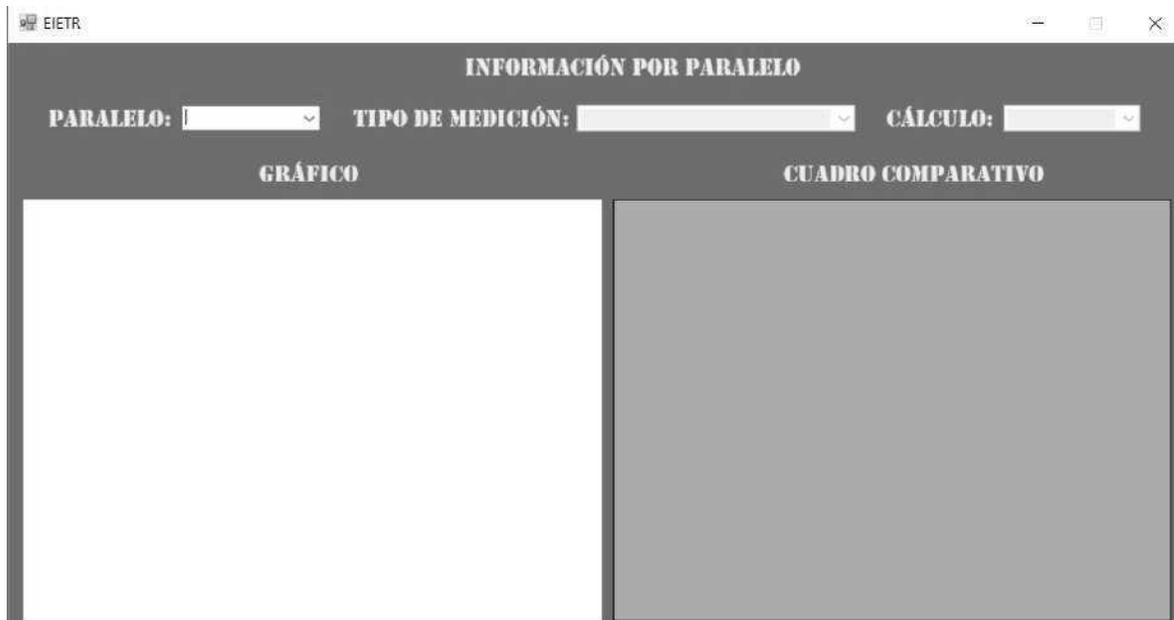


Figura 25-3: Ventana para Evaluación por Paralelo

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Figura 26-3: Ventana para Evaluación General

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Una vez que se elaboró la interfaz gráfica de la aplicación se enlazo esta base datos a la interfaz Gráfica con la ayuda de la aplicación Xampp tal como muestra la Figura 27-3.

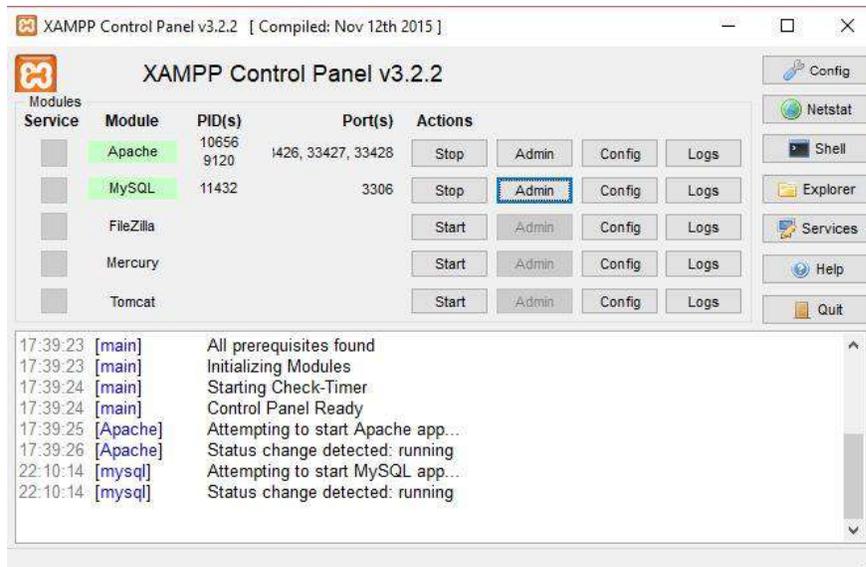


Figura 27-3: Conexión Xampp

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

3.2.3 Fase 3 Procesamiento de Datos

El procesamiento de datos se dividió en 2 secciones: por paralelo y general, a continuación, realizaremos una breve descripción de cada sección de procesamiento.

3.2.3.1 Por paralelo

El procesamiento de datos en esta sección consiste en un filtrado de datos, como se puede observar en la Figura 28-3, al seleccionar el paralelo el primer filtro programado se activa, este filtro busca en la base de datos todos los valores de medición obtenidos en ese paralelo, el siguiente filtro es la selección del tipo de medición que se requiere visualizar, las opciones son: campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia, y el filtro final programado es la búsqueda de valores máximos, mínimos o promedios de las selecciones anteriores, el esquema utilizado en la programación de la aplicación consiste en un filtrado de datos.

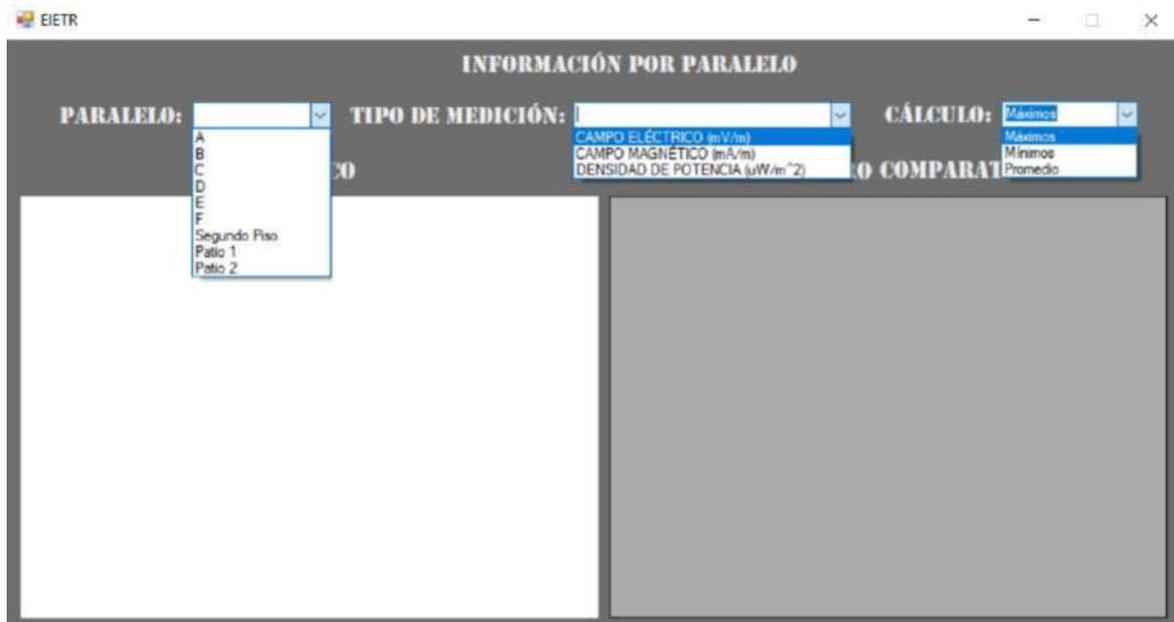


Figura 28-3: Selección de Filtros

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

3.2.3.2 General

El procesamiento de datos para la sección General no consiste en una capa de filtros, aquí se obtiene resultados a partir de la aplicación de fórmulas estadísticas dependiendo de la selección que se realice.

Entre las opciones que la aplicación muestra se presenta el cálculo de la desviación estándar, percentiles y media, para el cálculo de los índices estadísticos de desviación estándar y percentiles se utilizó funciones ya pre programadas en Excel, mientras que para la media se utilizó la fórmula de media cuadrática, tal como muestra la Tabla 11-3.

Tabla 11-3: Funciones utilizadas para el procesamiento de datos

| Calculo / Función | Media Cuadrática | Desviación estándar | Percentil |
|-------------------|--|---------------------|---------------------|
| Formula | $= \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_n^2}{N}}$ | DESVEST.P | RANGO.PERCENTIL.INC |

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Finalmente, para la ejecución de la aplicación y visualización de graficas se programó la sección “valores a calcular” de modo tal, que cuando el usuario haga click o seleccione el tipo de calculo que desea realizar la aplicación muestre los resultados y graficas obtenidos a partir de la aplicación de filtros o cálculos.

3.2.3.3 Diagrama de Flujo del Programa

A continuación, se describe el proceso que la aplicación utiliza al momento de generar una petición de cálculo a través de un diagrama de flujo (Figura 29-3), este nos permitirá reconocer todos los bloques de procesos que el programa contiene y la utilidad o funcionalidad de cada bloque.

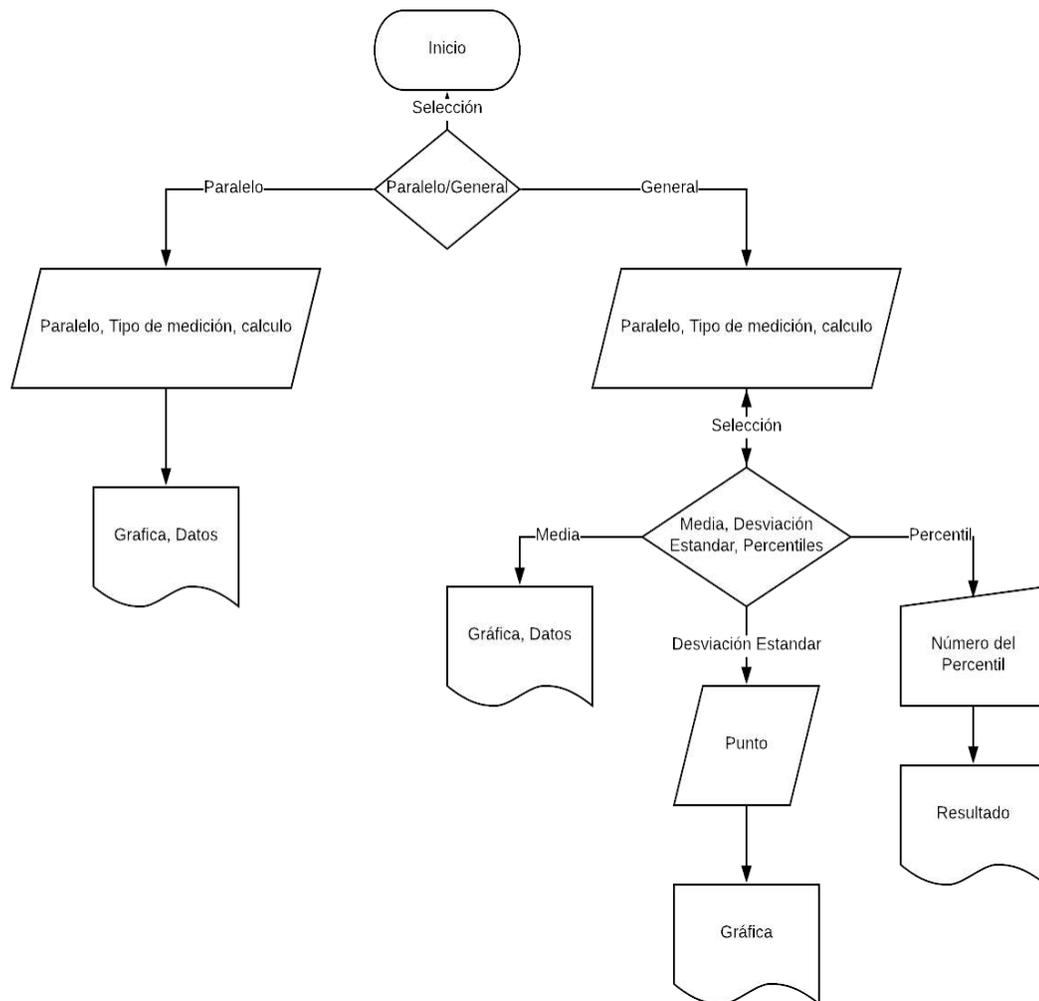


Figura 29-3: Diagrama de flujo de la aplicación.

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

3.2.4 Fase 4 Visualización de Resultados

Una vez elaborada la aplicación, se selecciona el tipo de cálculo de datos que se necesita y se presentara gráficamente el comportamiento de los diferentes datos a partir las mediciones, estos datos serán comparados con los límites de exposición poblacional planteados por las distintas agencias de regulación nacionales (ARCOTEL) e internacionales (ICNIRP e UIT).

3.2.4.1 Resultados de campo eléctrico (E)

Valores Promedios de Campo Eléctrico (E_{prom})

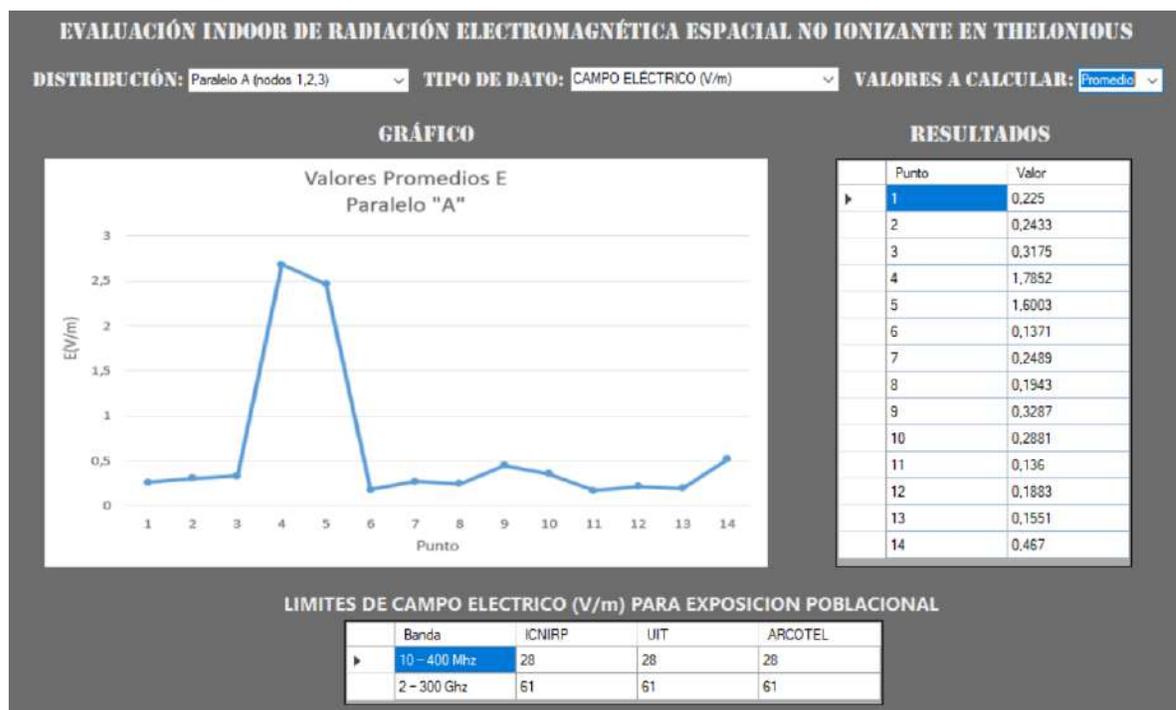


Gráfico 1-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo "A" nodos N1, N2 y N3

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo eléctrico entre los nodos N1, N2 y N3 localizados en el Paralelo "A", sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 1-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de

2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

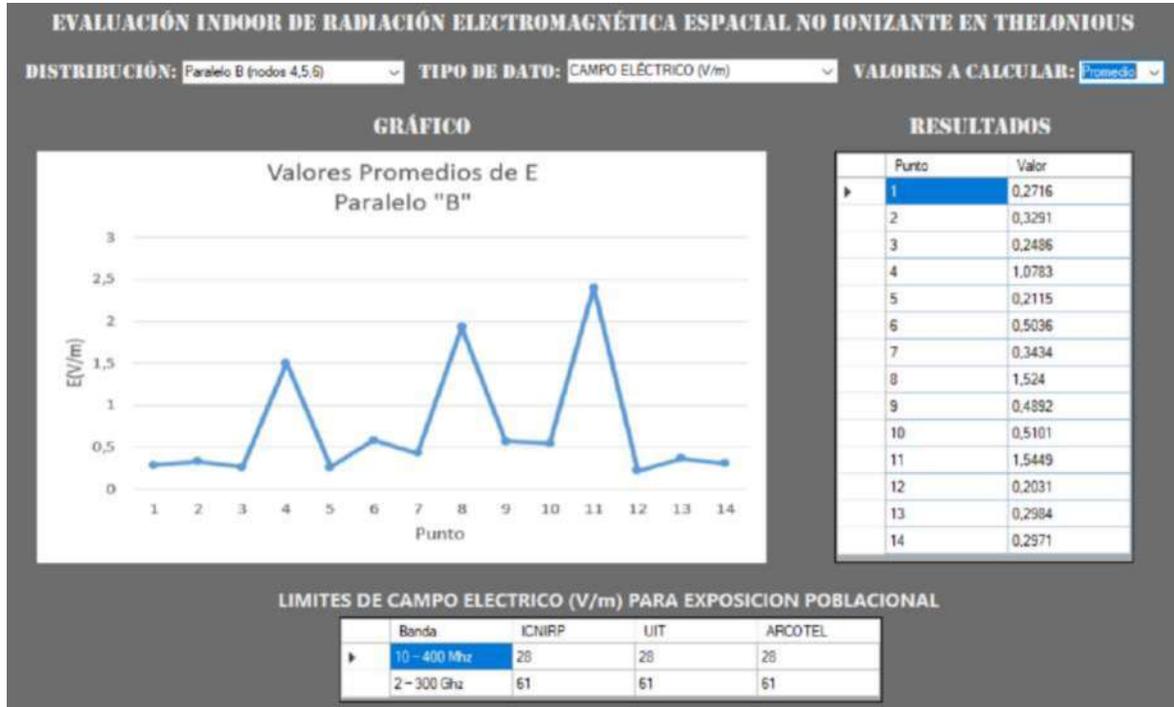


Gráfico 2-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo eléctrico entre los nodos N2, N3 y N4 localizados en el Paralelo “B”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 2-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El cálculo de los valores promedios de campo eléctrico entre los nodos N5, N6 y N7 localizados en el Paralelo “C”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 3-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de

2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

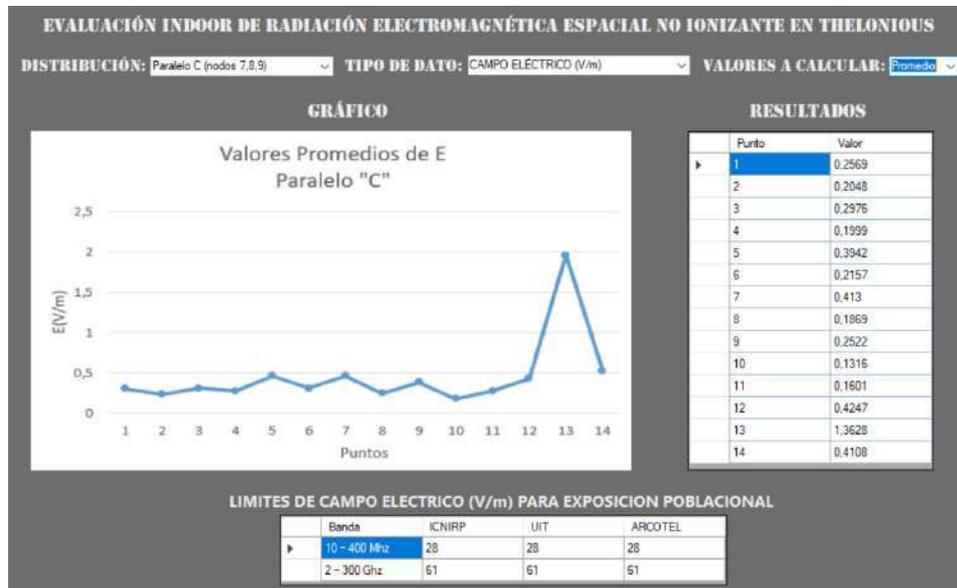


Gráfico 3-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo "C" nodos N7, N8 y N9

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

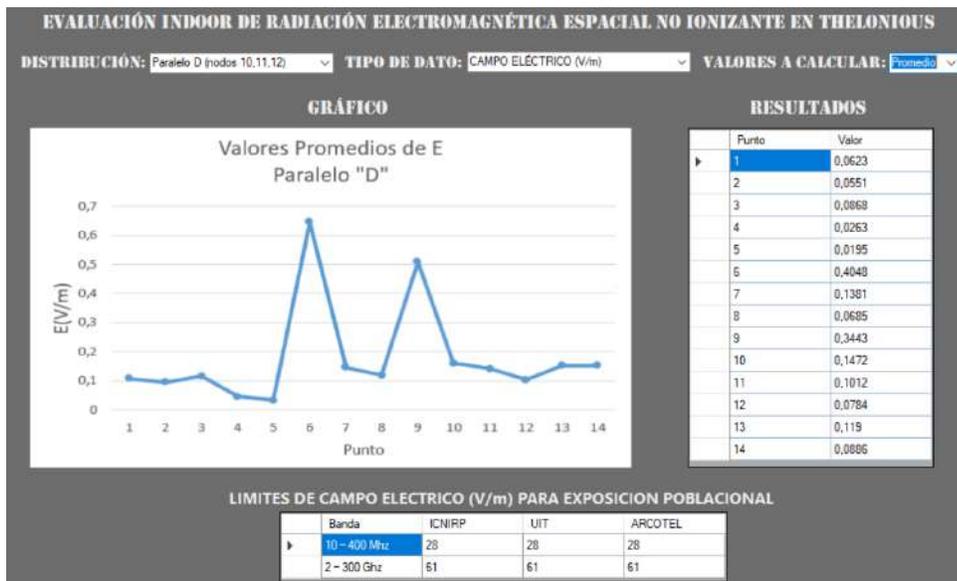


Gráfico 4-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo "D" nodos N10, N11 y N12

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo eléctrico entre los nodos N8, N9 y N10 localizados en el Paralelo “D”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 4-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

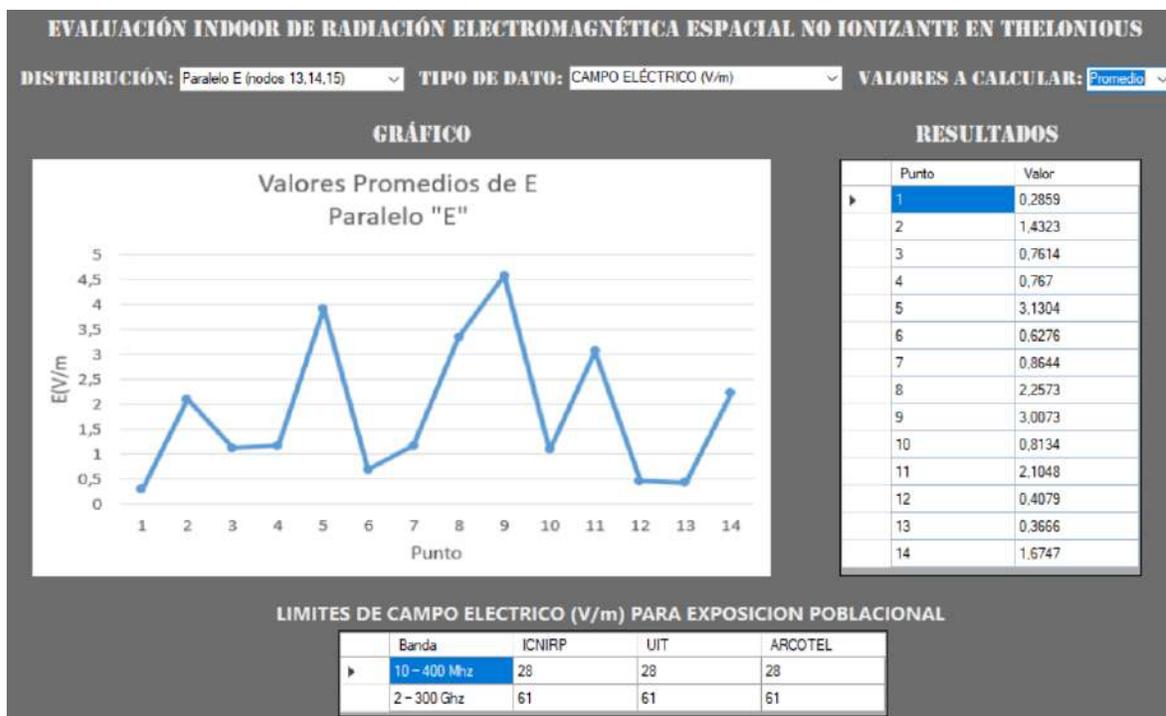


Gráfico 5-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo eléctrico entre los nodos N11, N12 y N13 localizados en el Paralelo “E”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 5-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

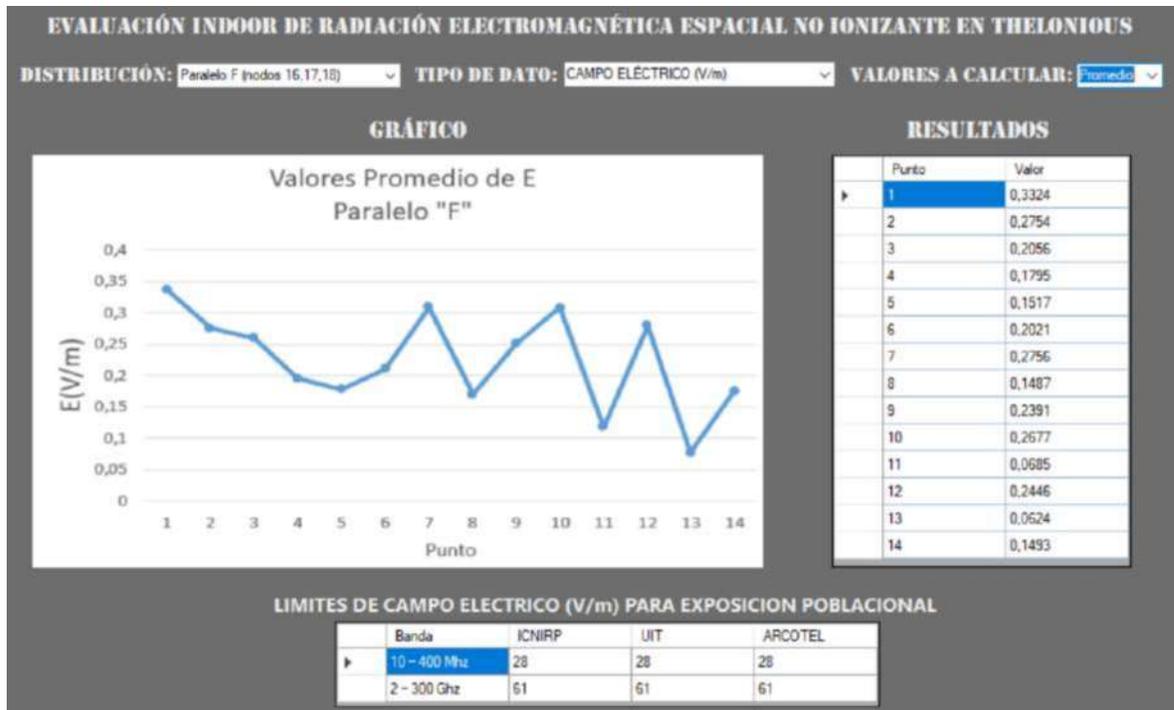


Gráfico 6-3: Valores Promedios (E_{prom}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo eléctrico entre los nodos N14, N15 y N16 localizados en el Paralelo “F”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 6-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El cálculo de los valores promedios de campo eléctrico entre los nodos N17, N18 y N19 localizados en el Segundo Piso sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 7-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

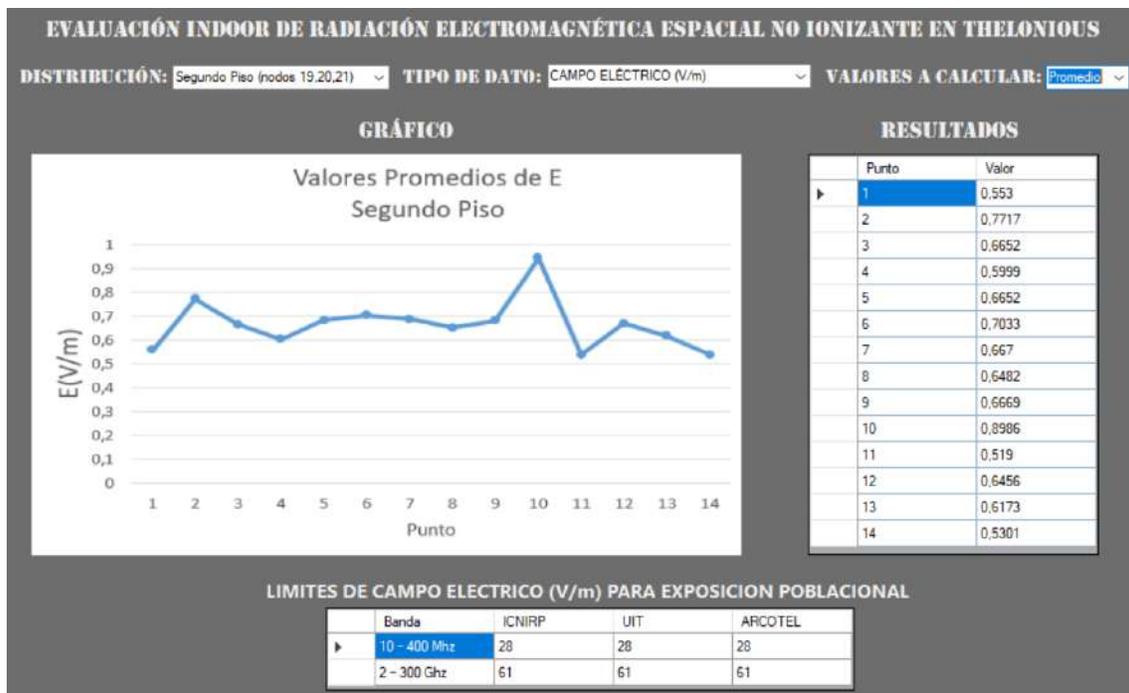


Gráfico 7-3: Valores Promedios (E_{prom}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

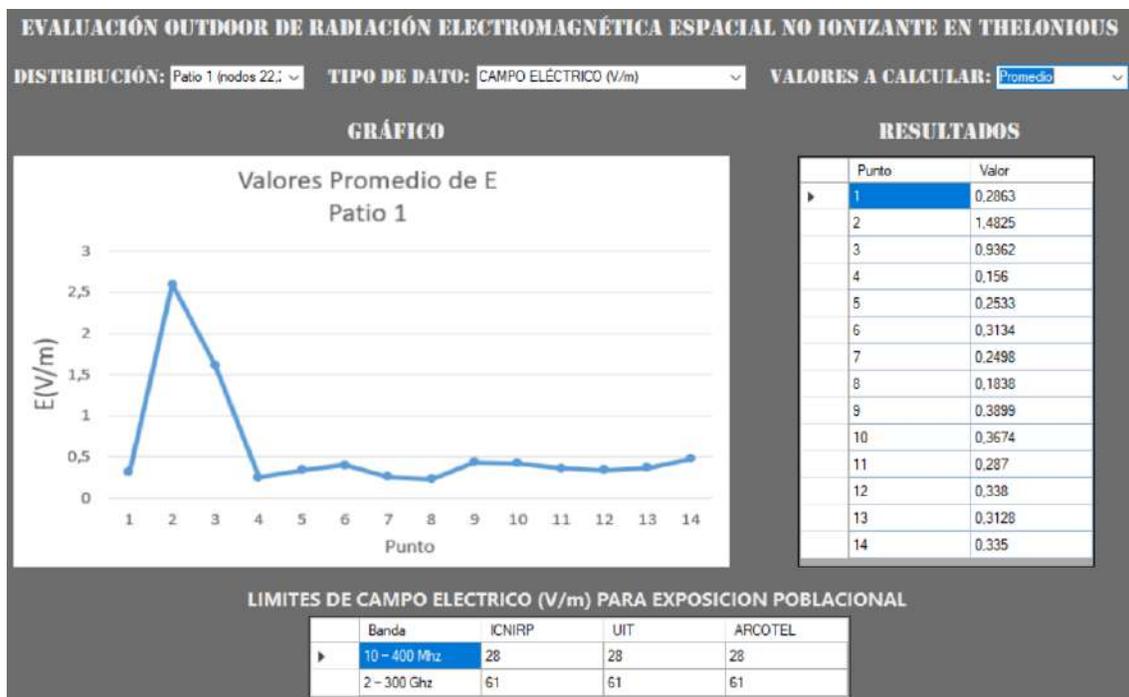


Gráfico 8-3: Valores Promedios (E_{prom}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo eléctrico entre los nodos N22, N23, N24 y 25 localizados en el Patio 1 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 8-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

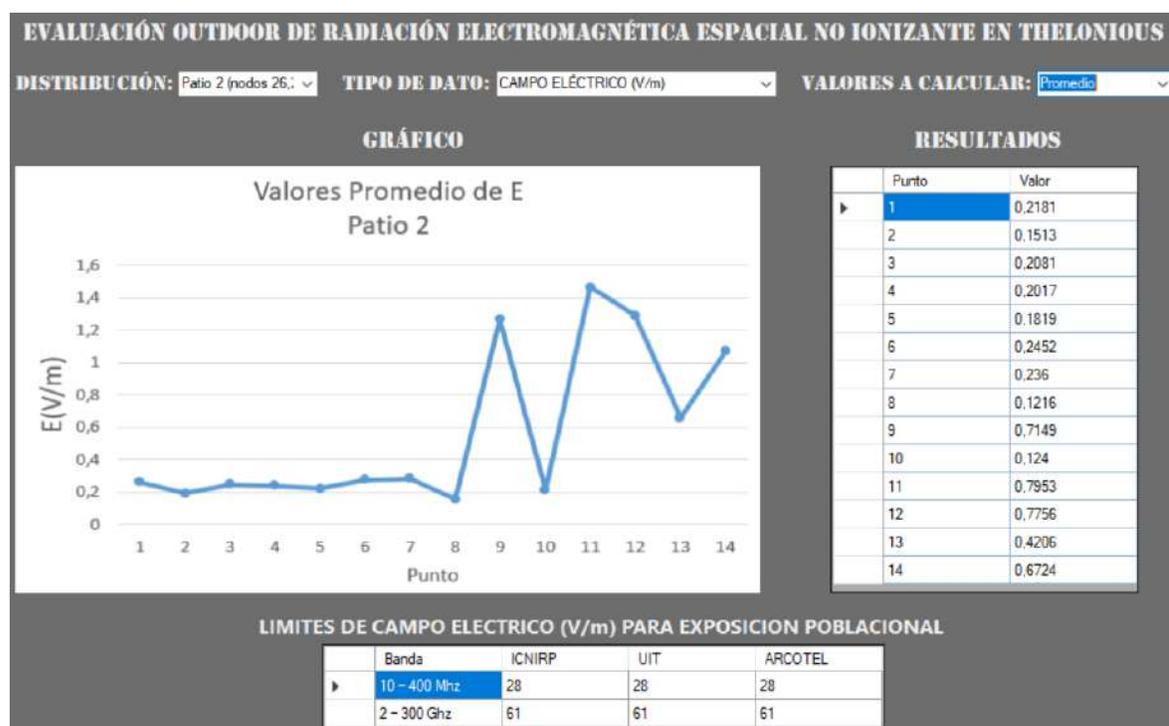


Gráfico 9-3: Valores Promedios (E_{prom}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo eléctrico entre los nodos N26, N27, N28, N29 y N30 localizados en el Patio 2 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 9-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

Valores Máximos de Campo Eléctrico (E_{max})

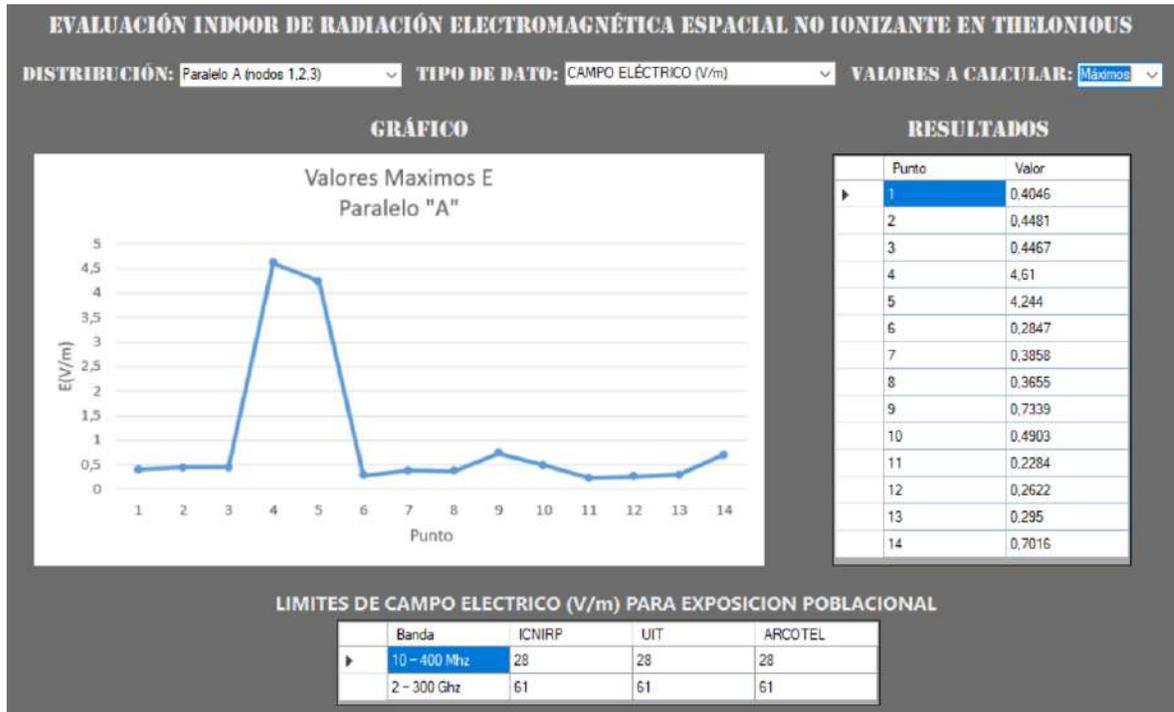


Gráfico 10-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo eléctrico promedio entre los nodos N1, N2 y N3 localizados en el Primero “A” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 10-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de máximo de campo eléctrico promedio entre los nodos N4, N5 y N6 localizados en el Primero “B” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 11-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

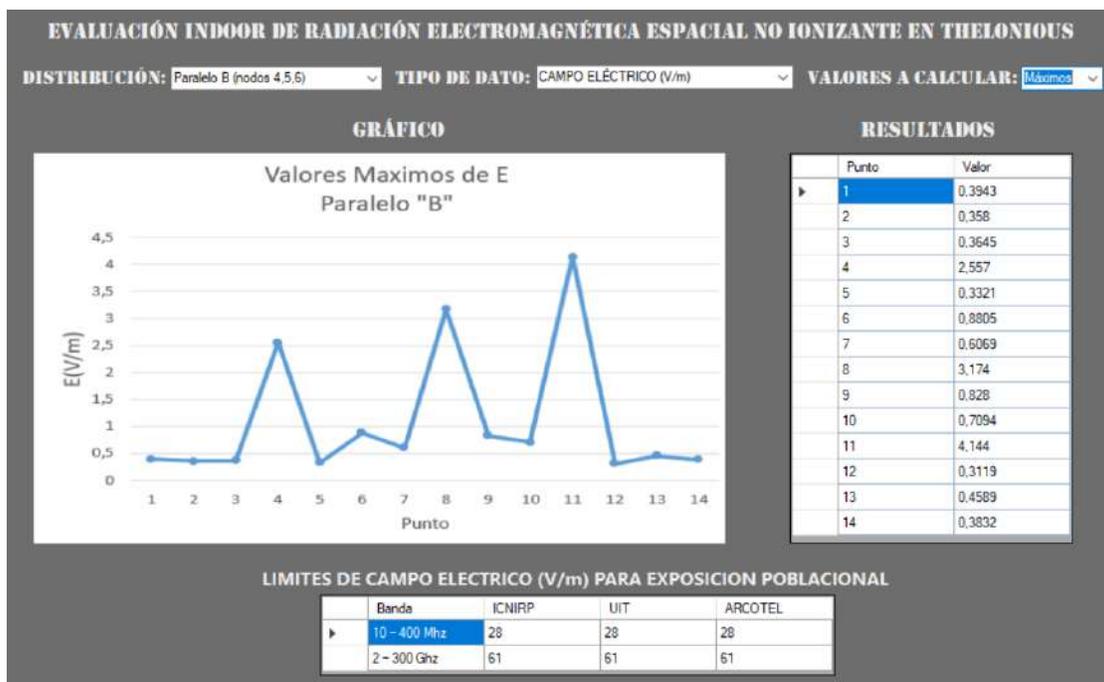


Gráfico 11-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo "B" nodos N4, N5 y N6

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

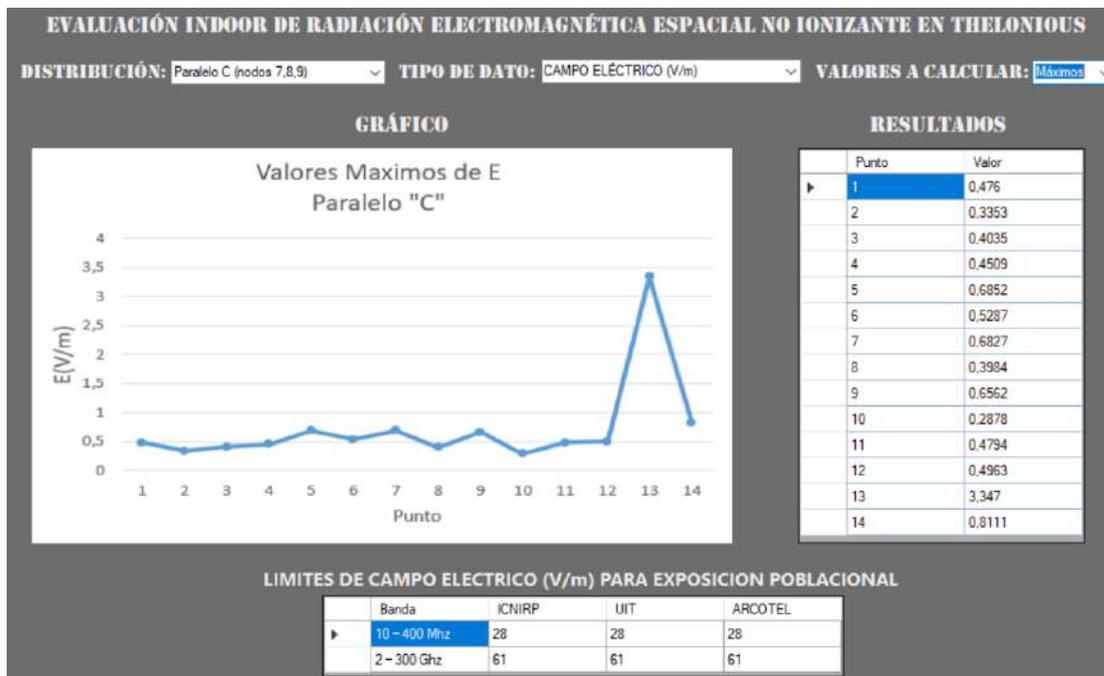


Gráfico 12-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo "C" nodos N7, N8 y N9

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo eléctrico promedio entre los nodos N7, N8 y N9 localizados en el Primero “C” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 12-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

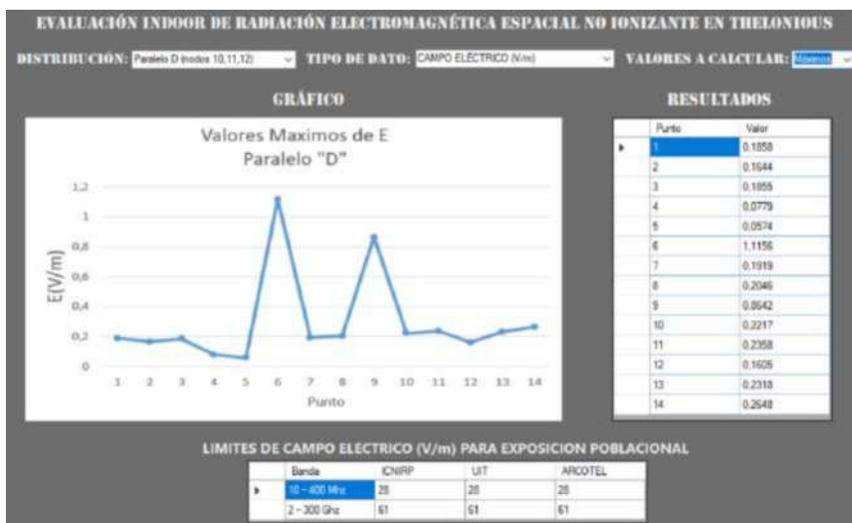


Gráfico 13-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Gráfico 14-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo eléctrico promedio entre los nodos N10, N11 y N12 localizados en el Primero “D” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 13-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de máximo de campo eléctrico promedio entre los nodos N13, N14 y N15 localizados en el Primero “E” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 14-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

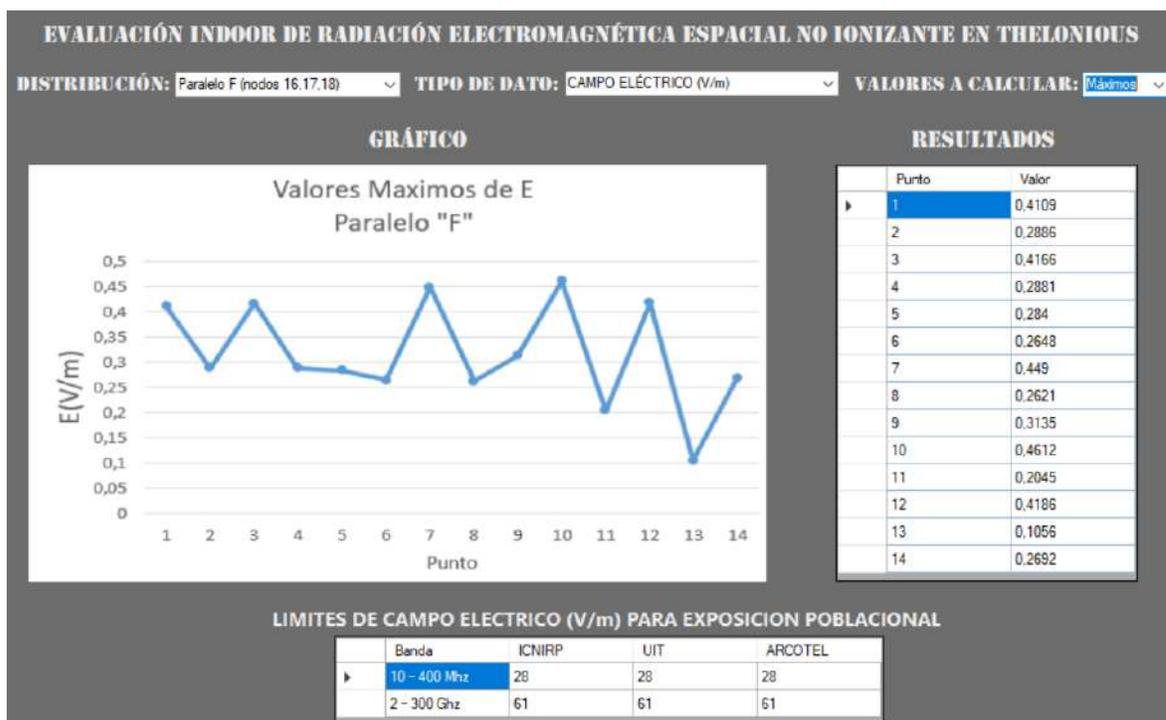


Gráfico 15-3: Valores Máximos (E_{max}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo eléctrico promedio entre los nodos N16, N17 y N18 localizados en el Primero “F” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 15-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

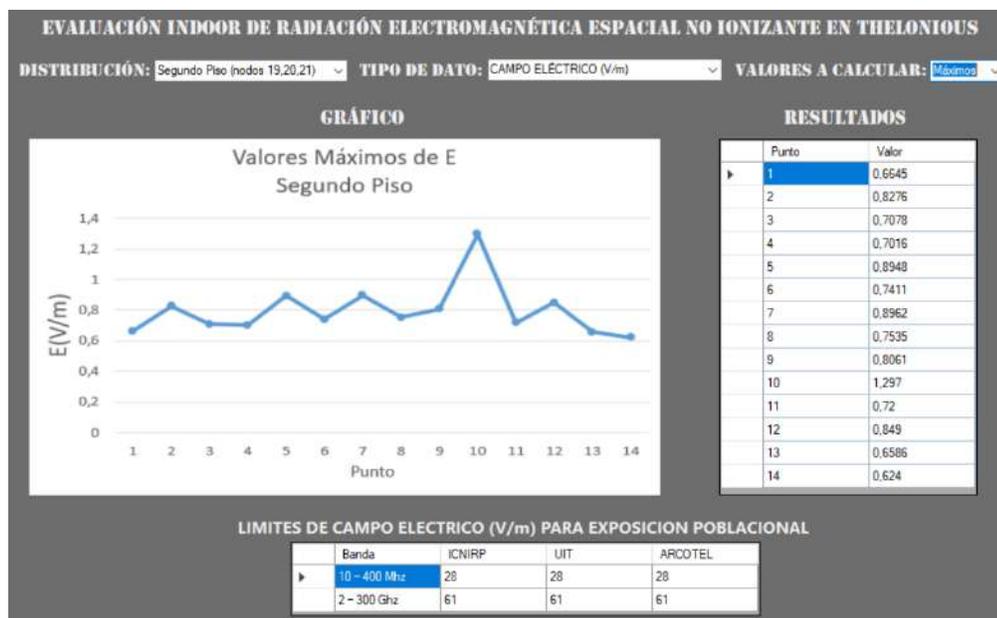


Gráfico 16-3: Valores Máximos (E_{max}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo eléctrico promedio entre los nodos N19, N20 y N21 localizados en el segundo piso sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 16-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de máximo de campo eléctrico promedio entre los nodos N22, N23, N24 y N25 localizados en el Patio 1 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 17-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP,

UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

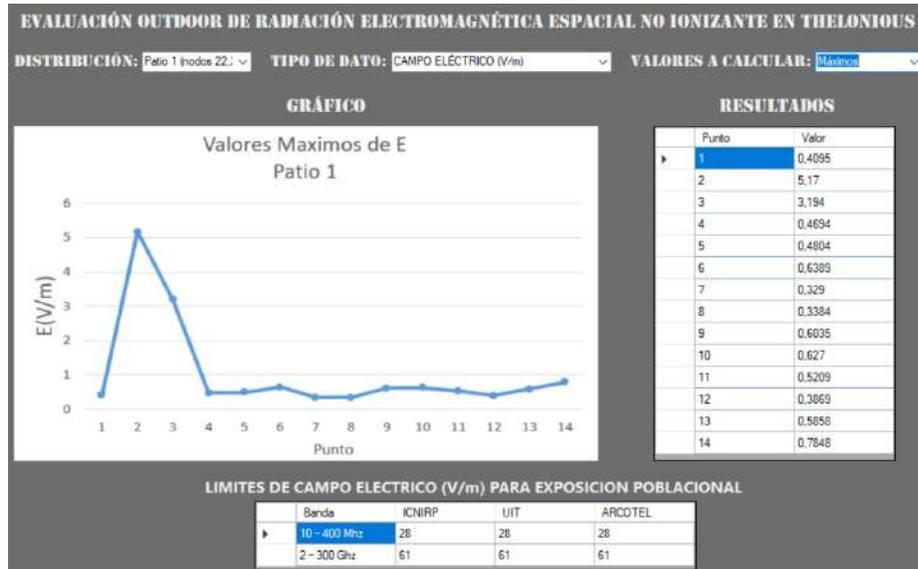


Gráfico 17-3: Valores Máximos (E_{max}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25
Realizado por: Dennis Guamán, 2018

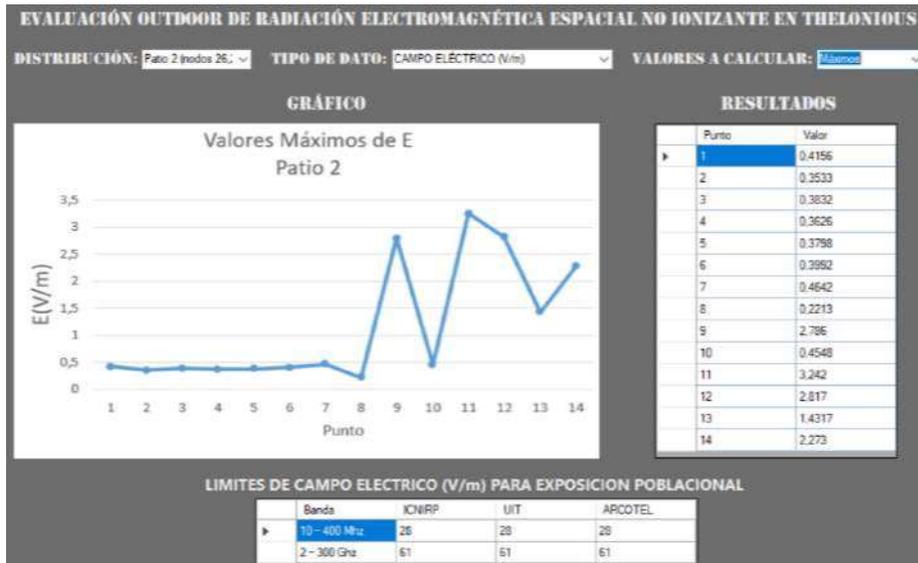


Gráfico 18-3: Valores Máximos (E_{max}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30
Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo eléctrico promedio entre los nodos N26, N27, N28, N29 y N30 localizados en el Patio 2 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 18-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

Valores Mínimos de Campo Eléctrico (E_{min})

El filtro del valor de mínimo de campo eléctrico promedio entre los nodos N1, N2 y N3 localizados en el Primero “A” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 19-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

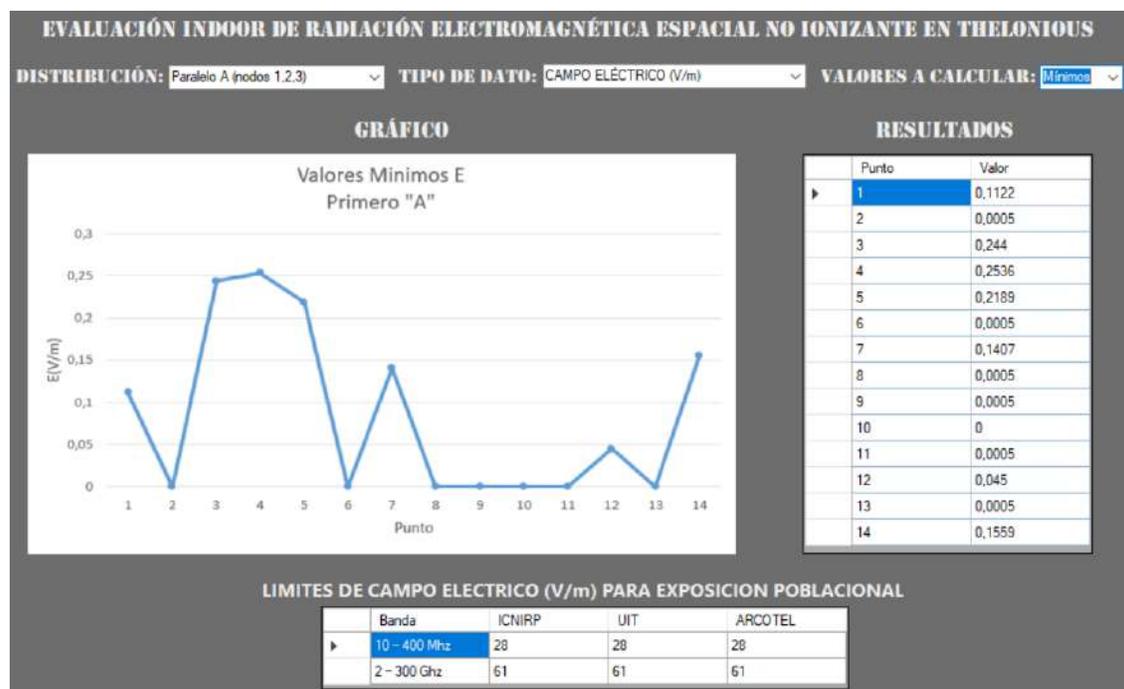


Gráfico 19-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo eléctrico promedio entre los nodos N4, N5 y N6 localizados en el Primero “B” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 20-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

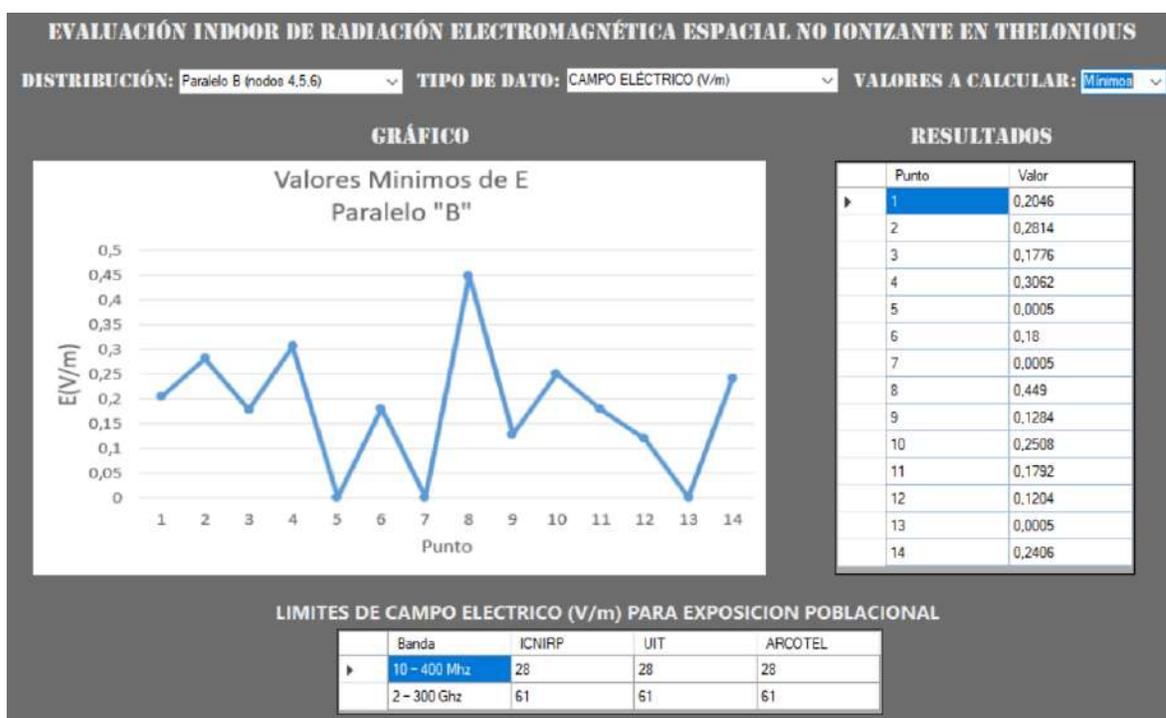


Gráfico 20-3: Valores Mínimos (E_{\min}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo eléctrico promedio entre los nodos N7, N8 y N9 localizados en el Primero “C” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 21-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

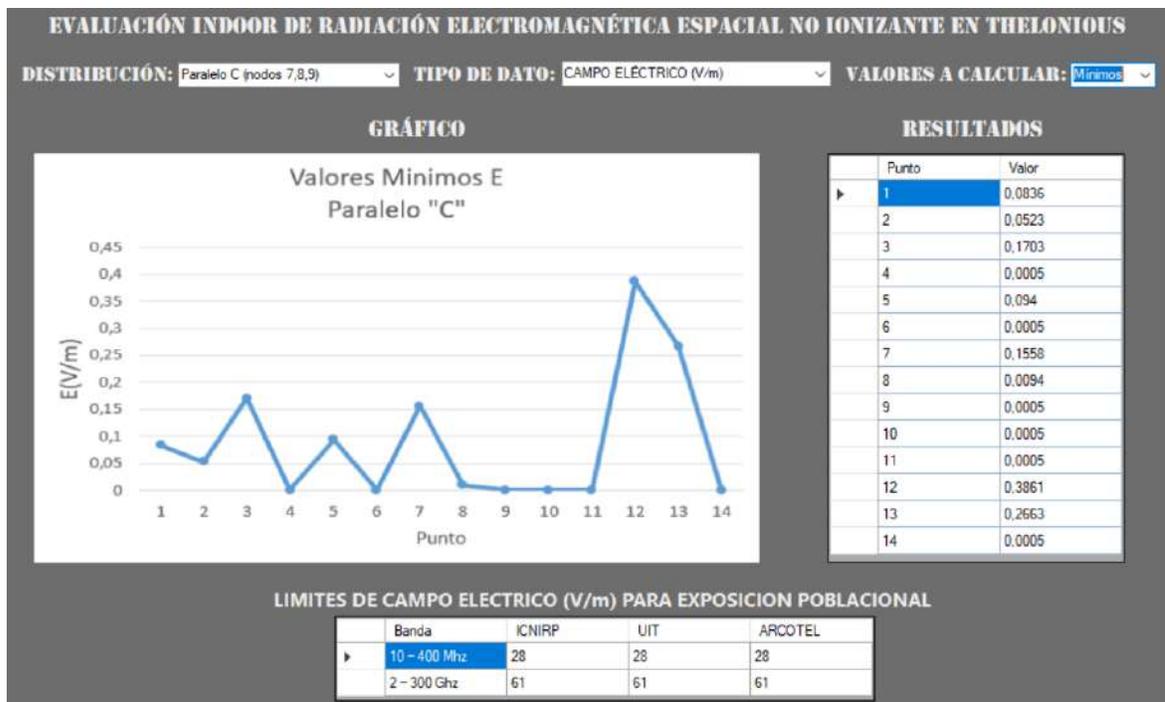


Gráfico 21-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo "C" nodos N7, N8 y N9

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

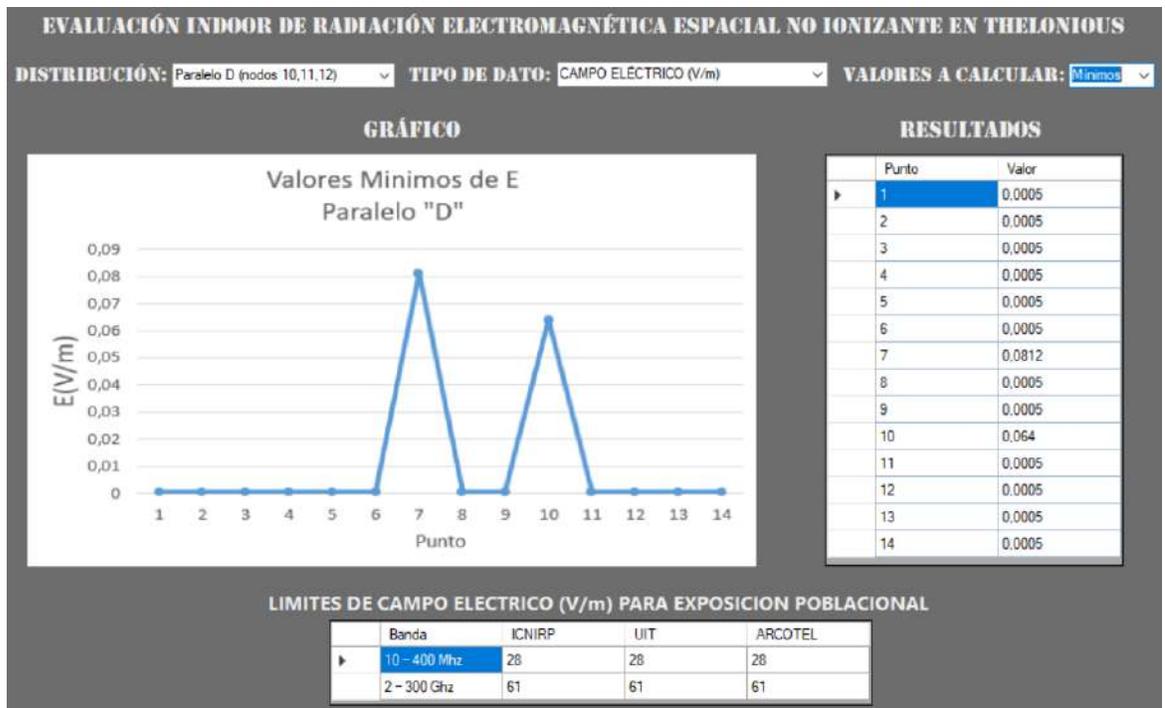


Gráfico 22-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo "D" nodos N10, N11 y N12

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo eléctrico promedio entre los nodos N10, N11 y N12 localizados en el Primero “D” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 22-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

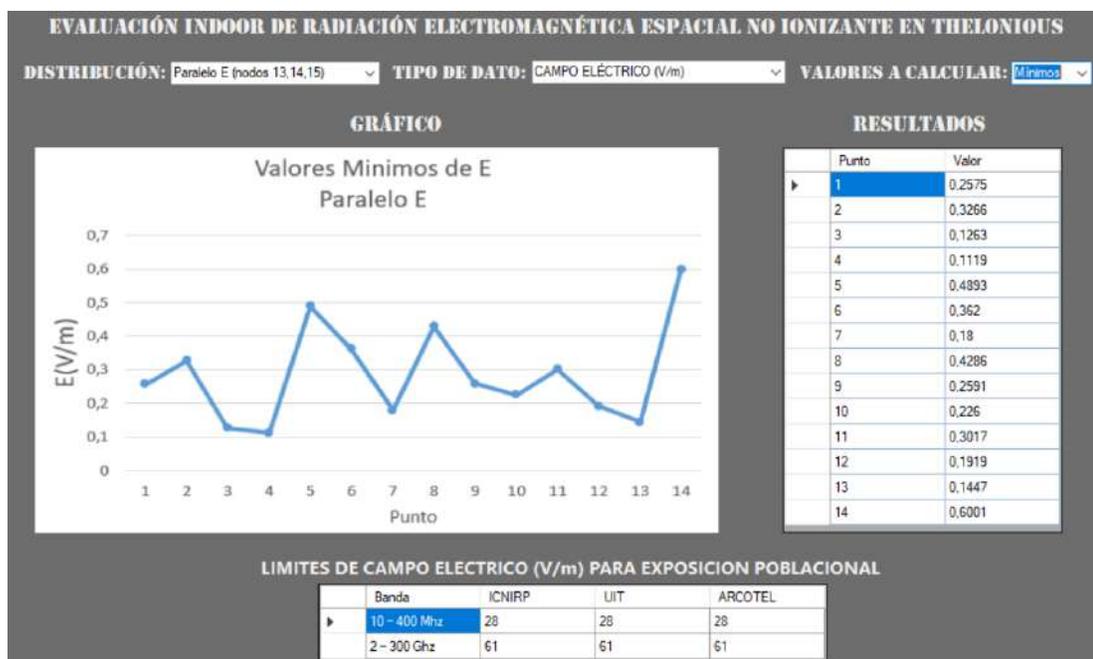


Gráfico 23-3: Valores Mínimos (E_{min}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo eléctrico promedio entre los nodos N13, N14 y N15 localizados en el Primero “E” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 23-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de mínimo de campo eléctrico promedio entre los nodos N16, N17 y N18 localizados en el Primero “F” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en

el Gráfico 24-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

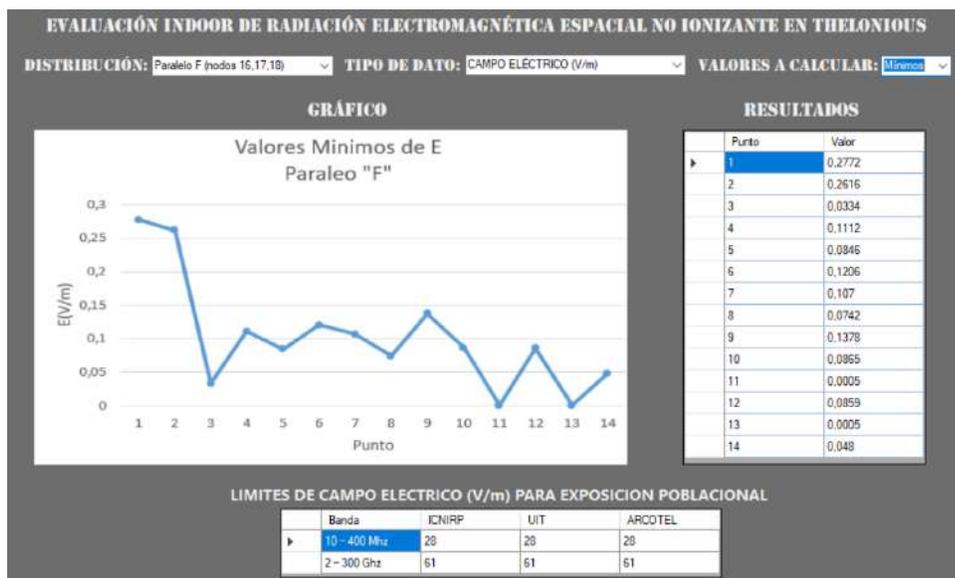


Gráfico 24-3: Valores Mínimos (E_{\min}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

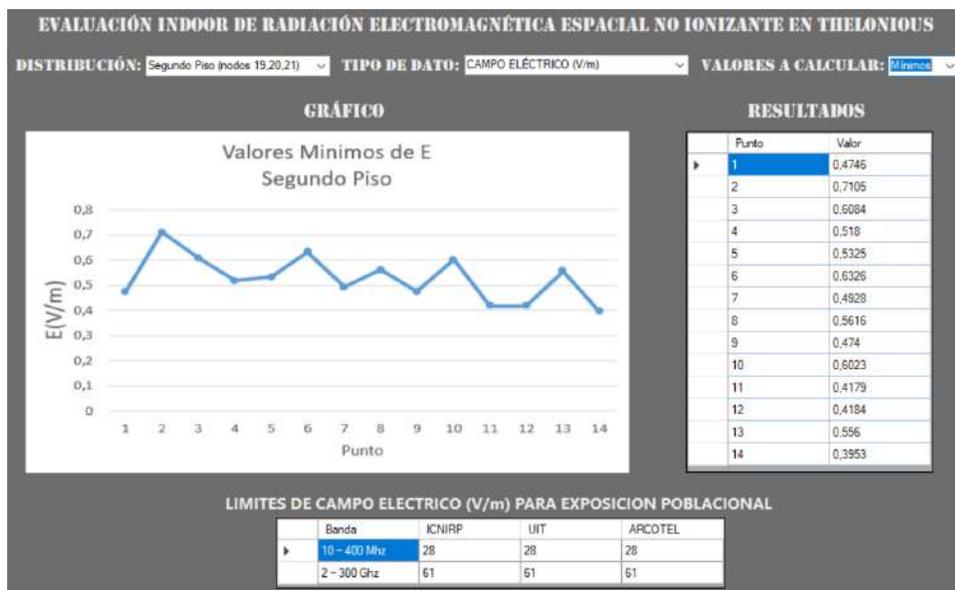


Gráfico 25-3: Valores Mínimos (E_{\min}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo eléctrico promedio entre los nodos N19, N20 y N21 localizados en el Segundo Piso sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 25-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

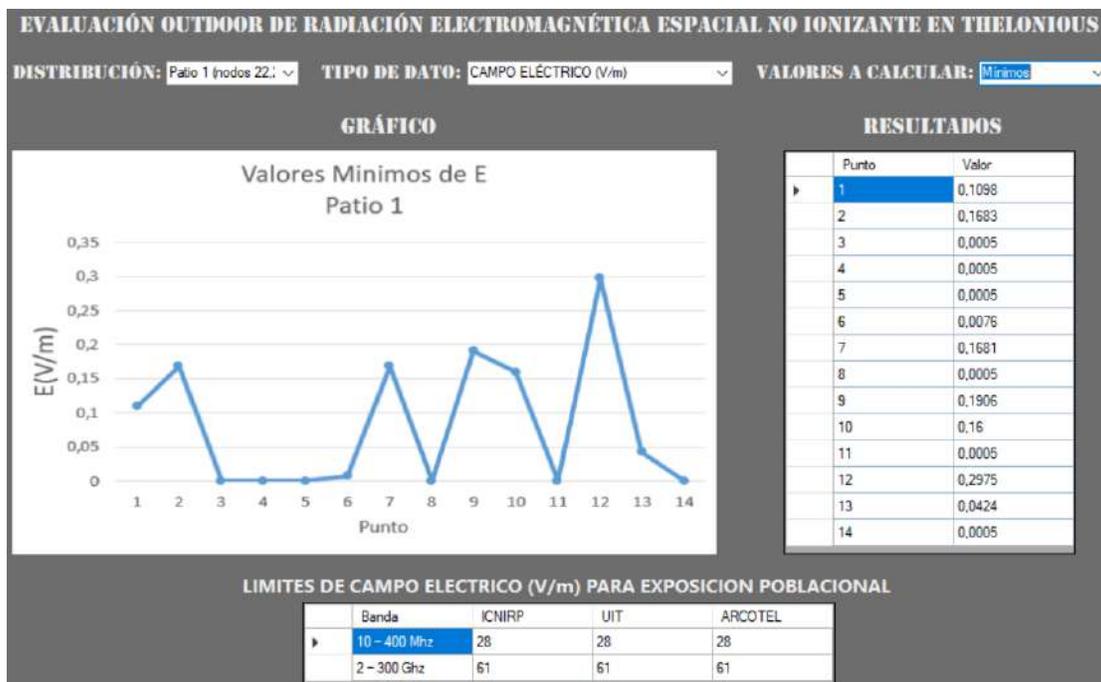


Gráfico 26-3: Valores Mínimos (E_{\min}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo eléctrico promedio entre los nodos N22, N23, N24 y N25 localizados en el Patio 1 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 26-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de mínimo de campo eléctrico promedio entre los nodos N26, N27, N28, N29 y N30 localizados en el Patio 2 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en

el Gráfico 27-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (28 V/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (61 V/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

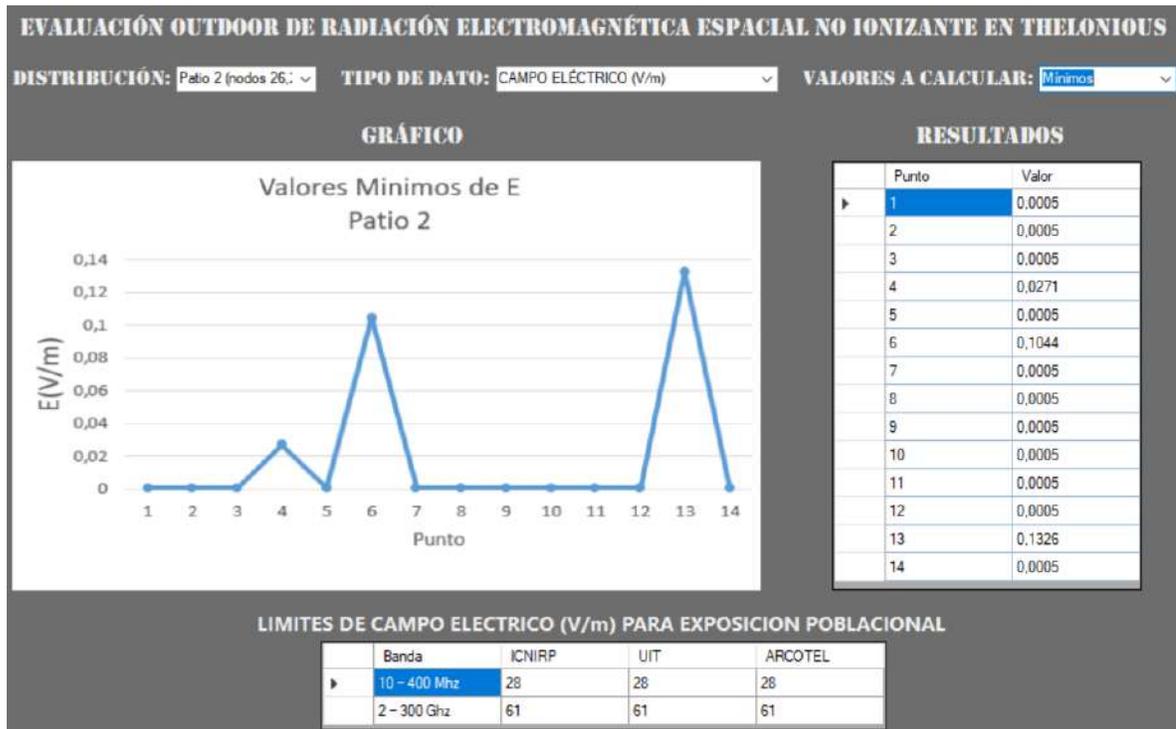


Gráfico 27-3: Valores Mínimos (E_{\min}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

3.2.4.2 Resultados Campo Magnético (H)

Los resultados del comportamiento del campo magnético se muestran a continuación:

Campo Magnético Promedio (H_{prom})

El cálculo de los valores promedios de campo magnético entre los nodos N1, N2 y N3 localizados en el Paralelo “A”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 28-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y

ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

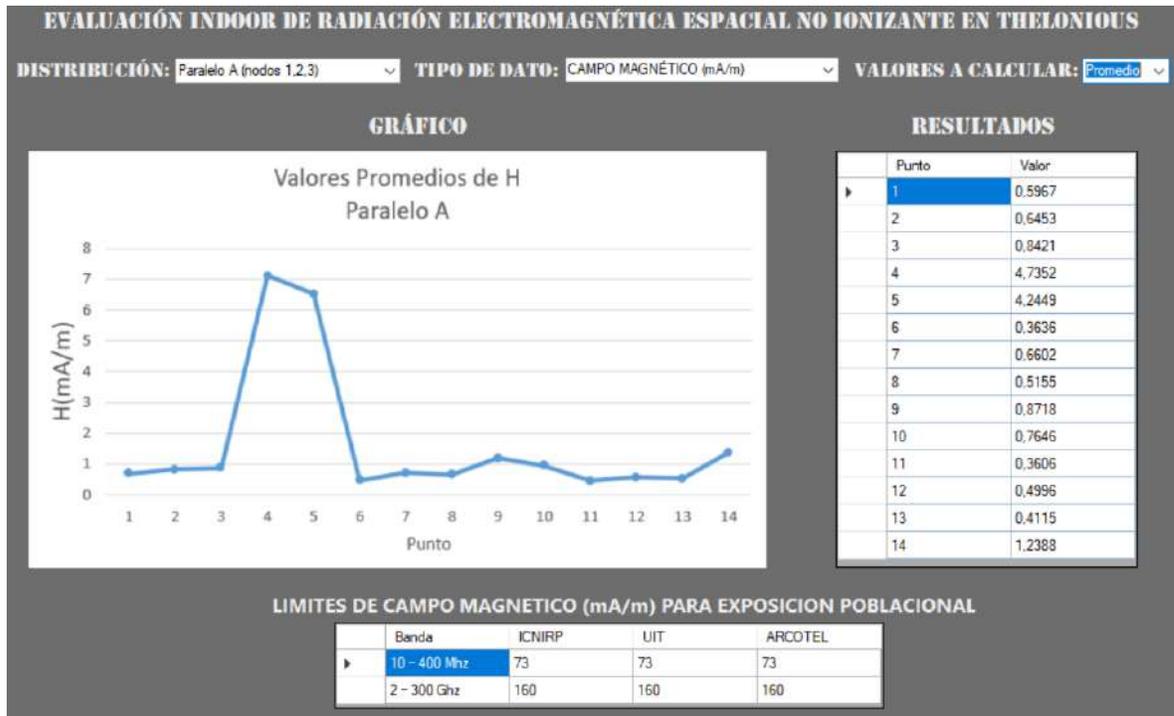


Gráfico 28-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo magnético entre los nodos N4, N5 y N6 localizados en el Paralelo “B”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 29-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El cálculo de los valores promedios de campo magnético entre los nodos N7, N8 y N9 localizados en el Paralelo “C”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 30-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda

de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

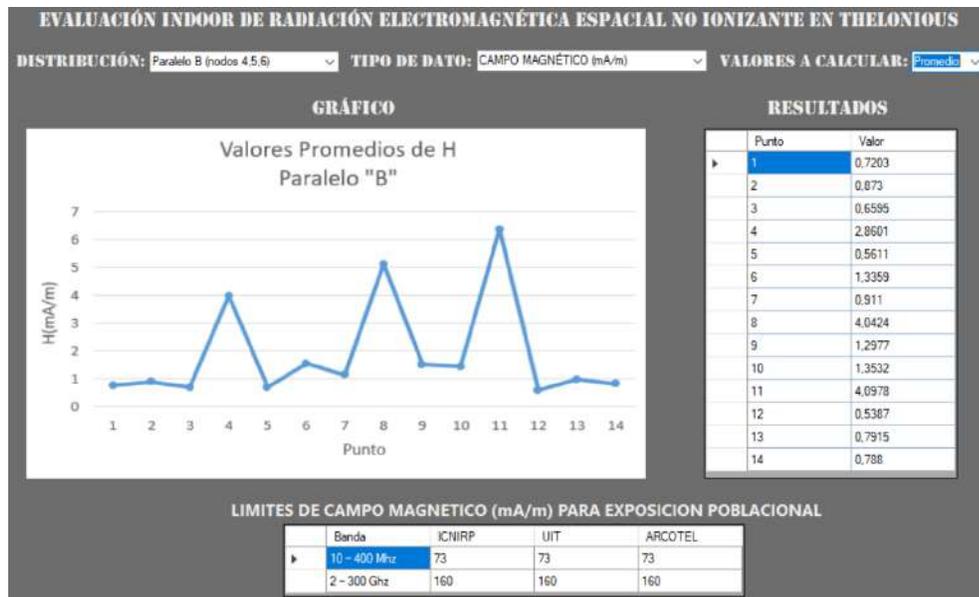


Gráfico 29-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo "B" nodos N4, N5 y N6

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

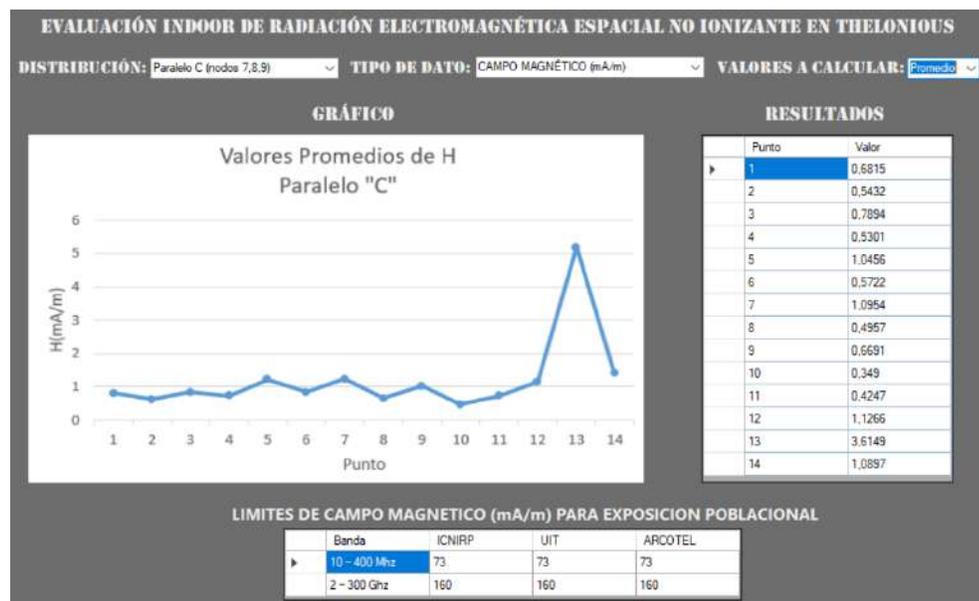


Gráfico 30-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo "C" nodos N7, N8 y N9

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo magnético entre los nodos N10, N11 y N12 localizados en el Paralelo “D”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 31-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

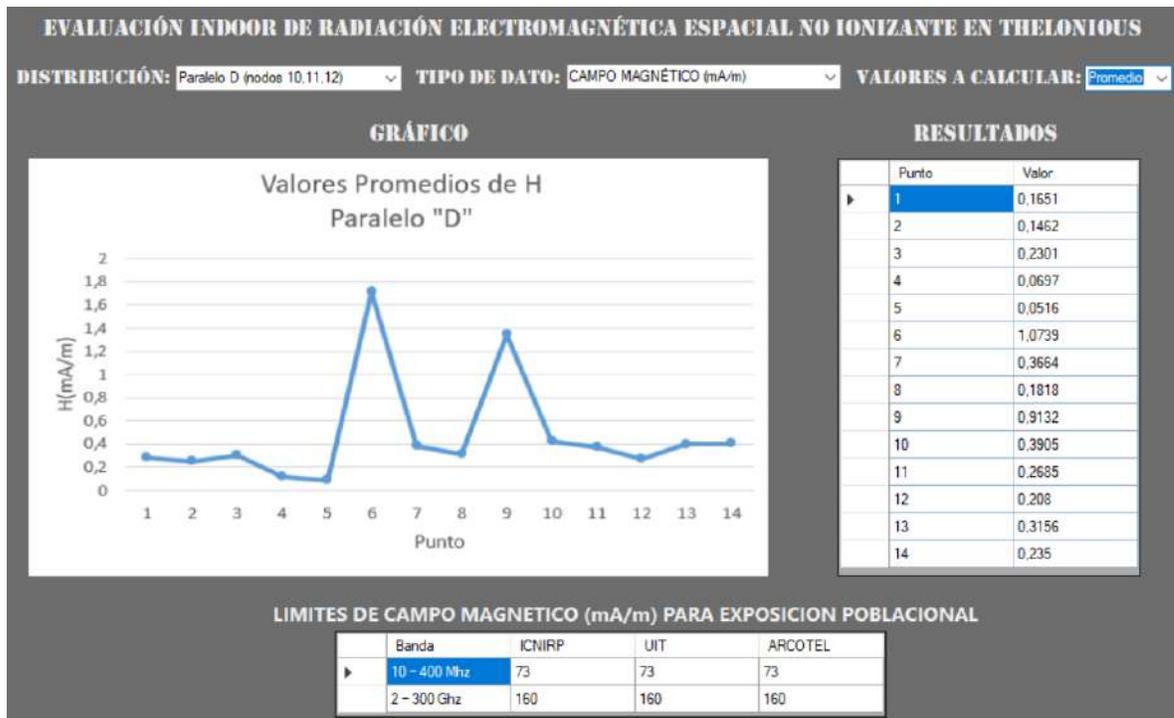


Gráfico 31-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo magnético entre los nodos N13, N14 y N15 localizados en el Paralelo “E”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 32-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

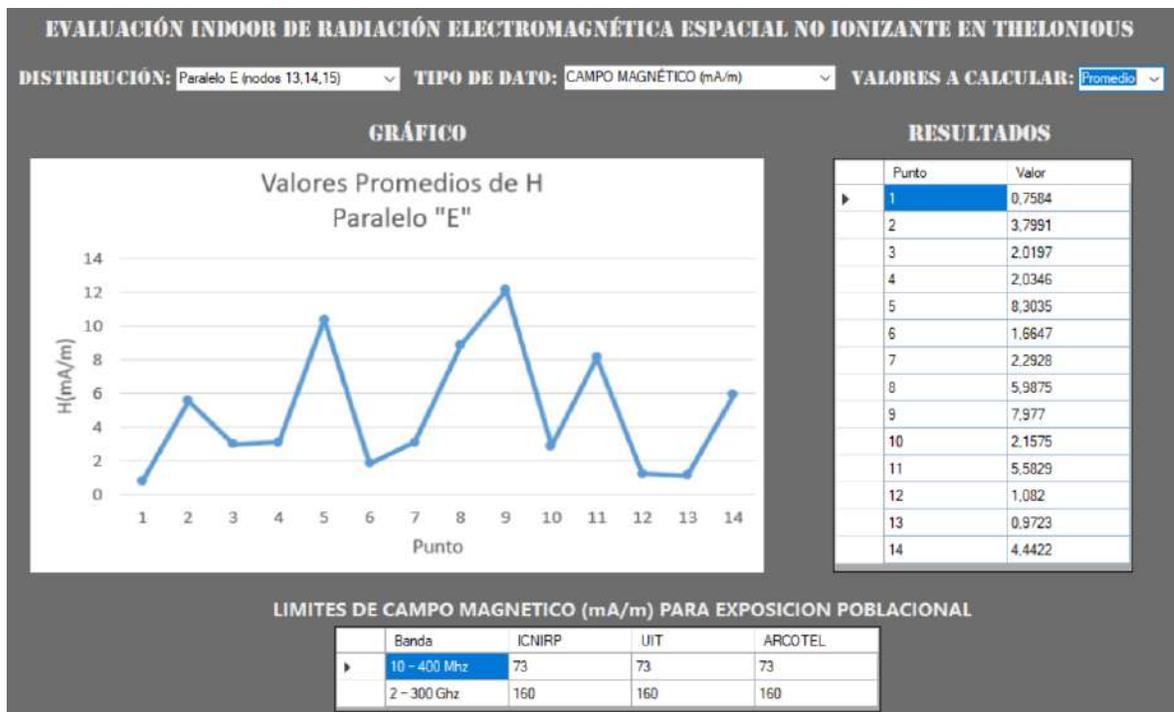


Gráfico 32-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo magnético entre los nodos N16, N17 y N18 localizados en el Paralelo “F”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 33-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El cálculo de los valores promedios de campo magnético entre los nodos N19, N20 y N21 localizados en el Segundo Piso, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 34-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

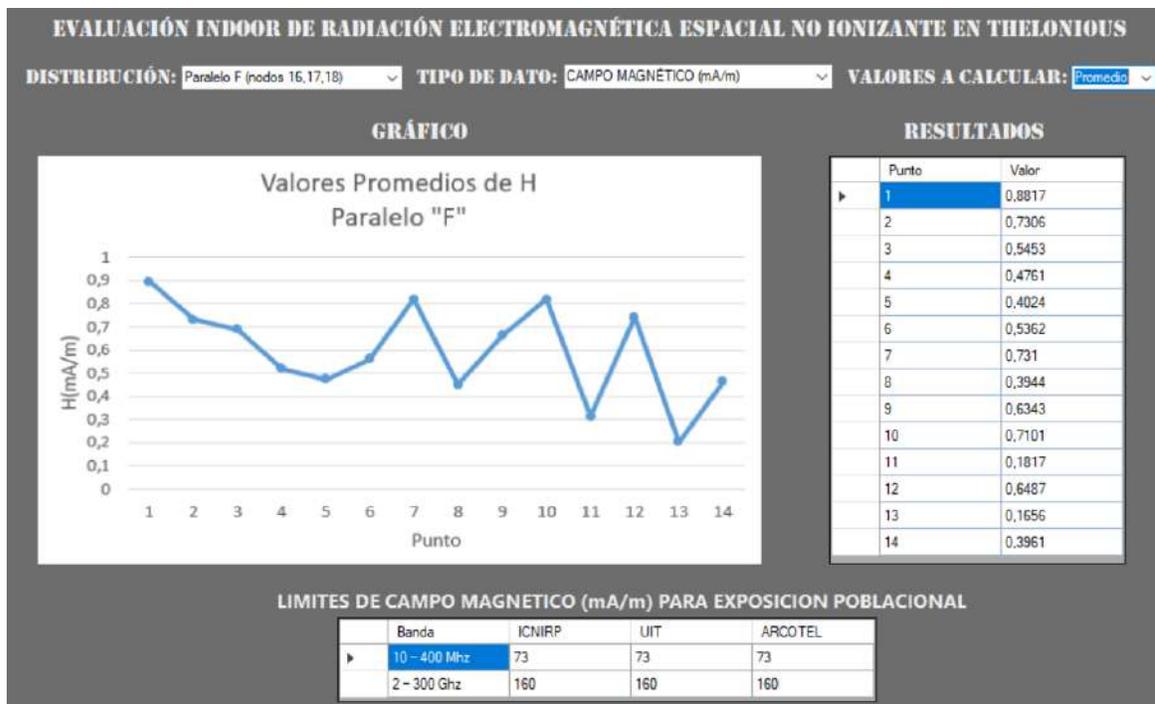


Gráfico 33-3: Valores promedios (H_{prom}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

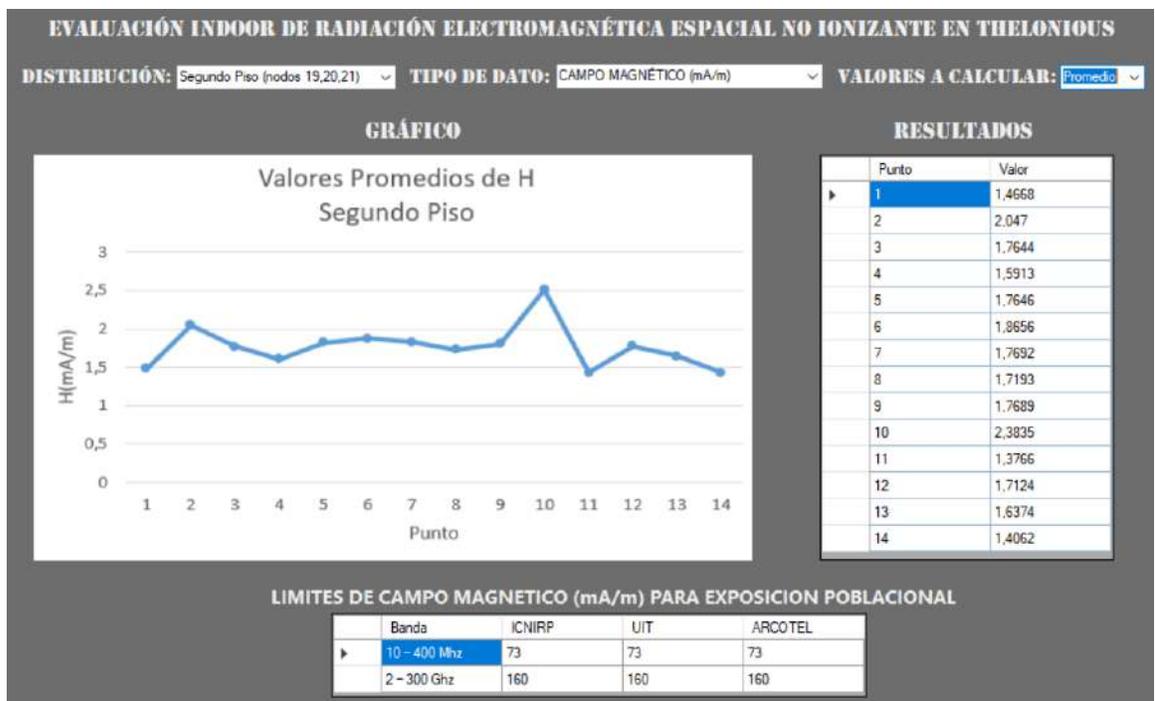


Gráfico 34-3: Valores promedios (H_{prom}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo magnético entre los nodos N22, N23, N24 y N25 localizados en el Patio 1, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 35-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

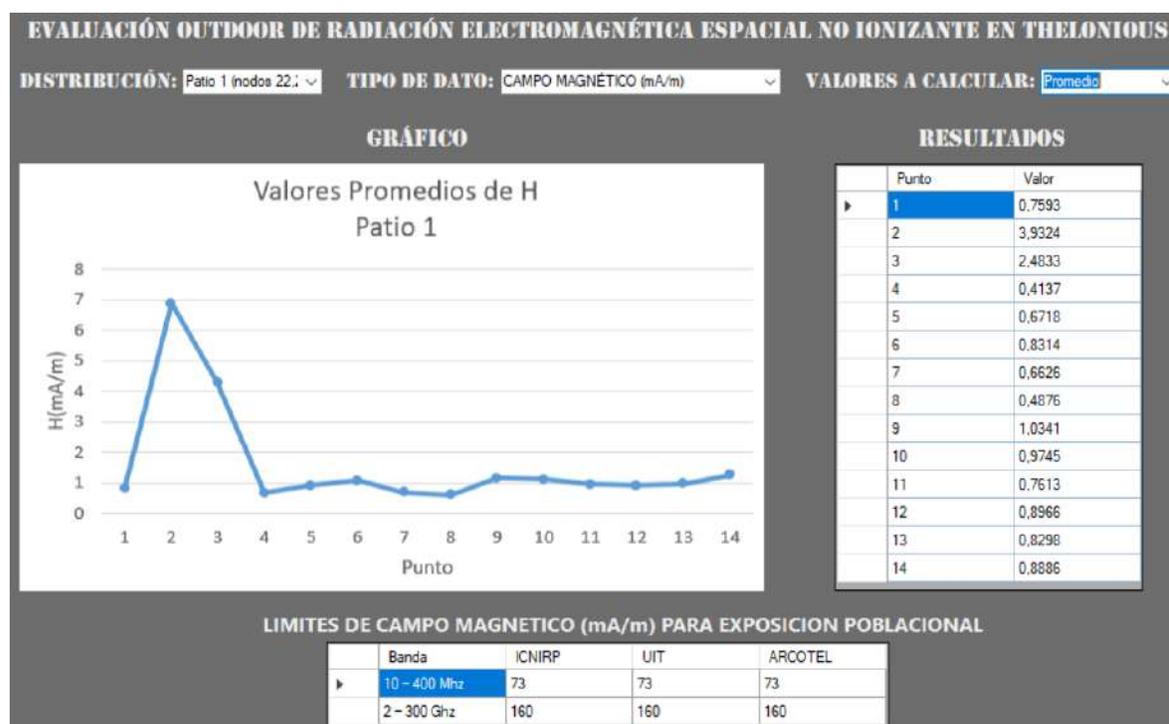


Gráfico 35-3: Valores promedios (H_{prom}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de campo magnético entre los nodos N26, N27, N28, N29 y N30 localizados en el Patio 2, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 36-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

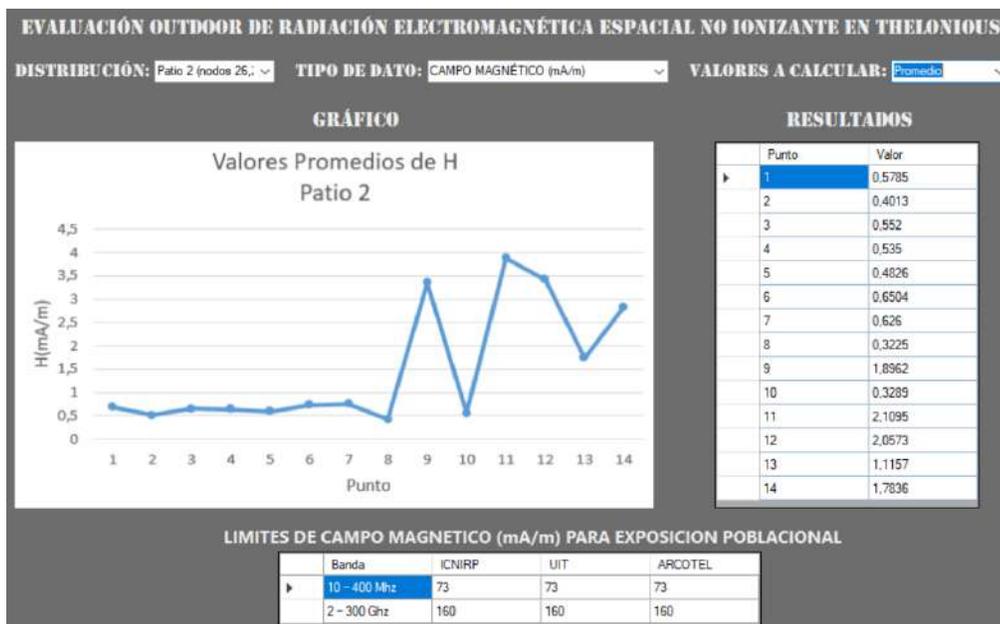


Gráfico 36-3: Valores promedios (H_{prom}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Campo Magnético Máximo (H_{max})

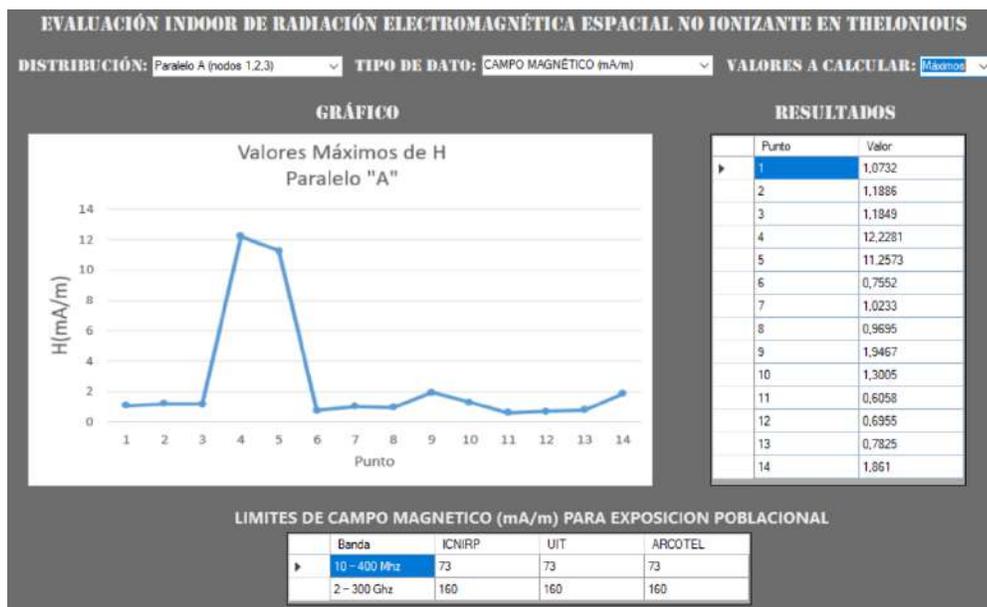


Gráfico 37-3: Valores máximos (H_{max}) "A" nodos N1, N2 y N3

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo magnético entre los nodos N1, N2 y N3 localizados en el Primero “A” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 37-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

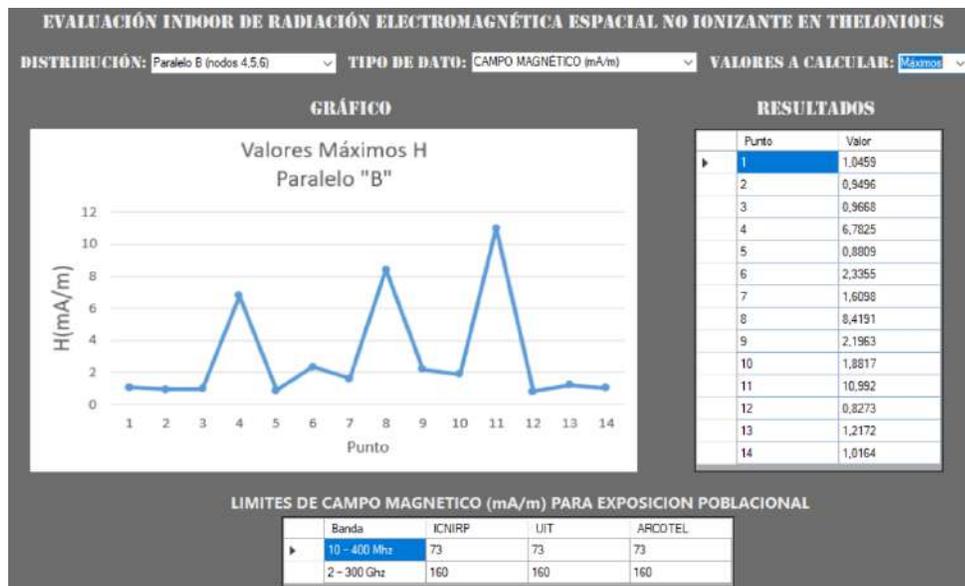


Gráfico 38-3: Valores máximos (H_{max}) “B” nodos N4, N5 y N6

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo magnético entre los nodos N4, N5 y N6 localizados en el Primero “B” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 38-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de máximo de campo magnético entre los nodos N7, N8 y N9 localizados en el Primero “C” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 39-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y

ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHZ (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

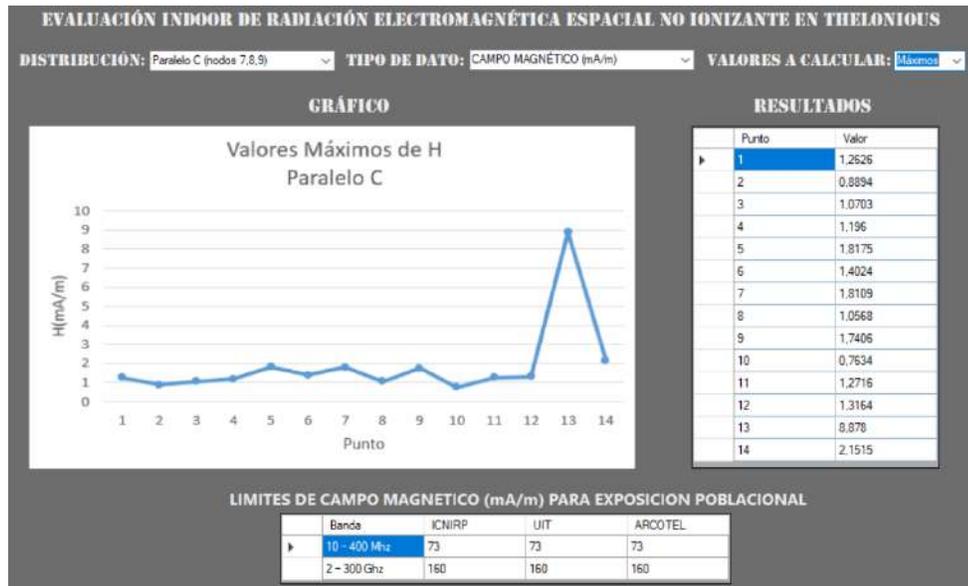


Gráfico 39-3: Valores máximos (H_{max}) “C” nodos N7, N8 y N9

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

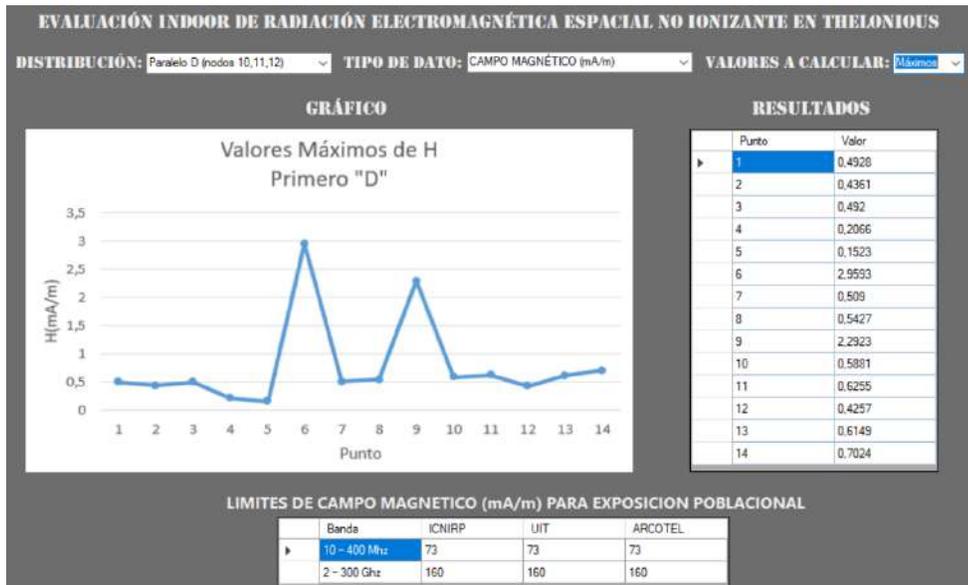


Gráfico 40-3: Valores máximos (H_{max}) “D” nodos N10, N11 y N12

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo magnético entre los nodos N10, N11 y N12 localizados en el Primero “D” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 40-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

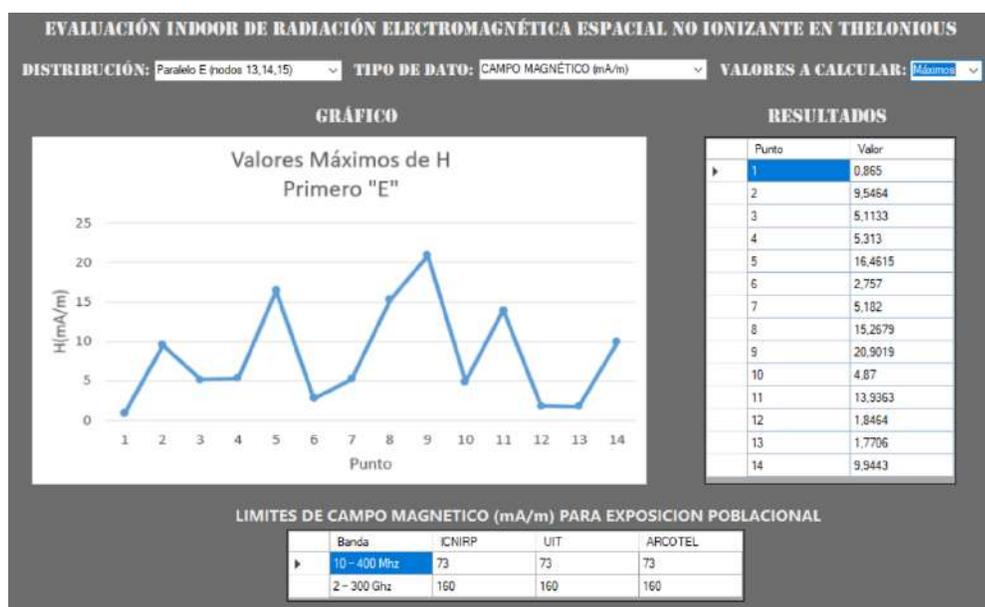


Gráfico 41-3: Valores máximos (H_{max}) “E” nodos N13, N14 y N15

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo magnético entre los nodos N13, N14 y N15 localizados en el Primero “E” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 41-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de máximo de campo magnético entre los nodos N16, N17 y N18 localizados en el Primero “F” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 42-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL

para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

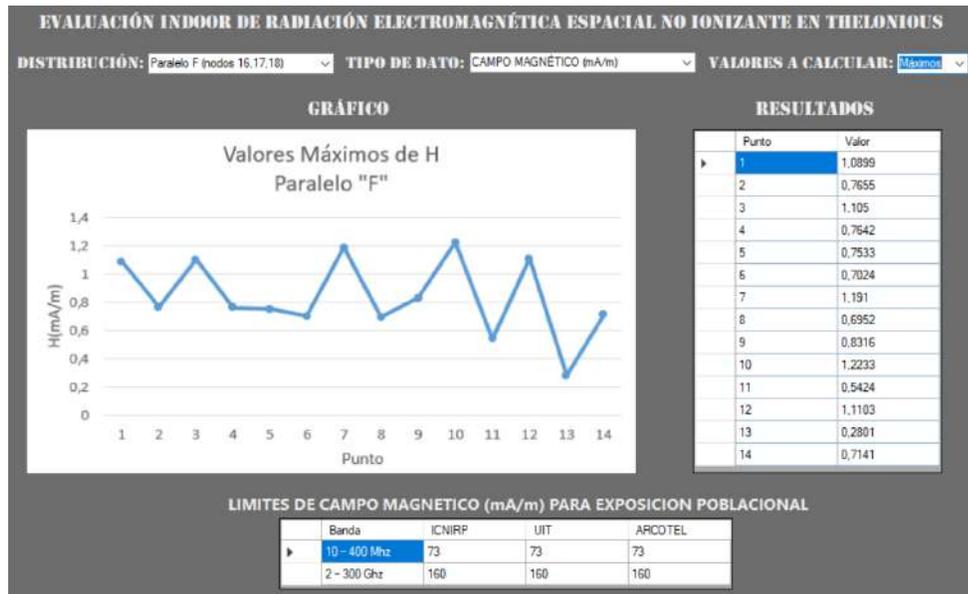


Gráfico 42-3: Valores máximos (H_{max}) "F" nodos N16, N17 y N18

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

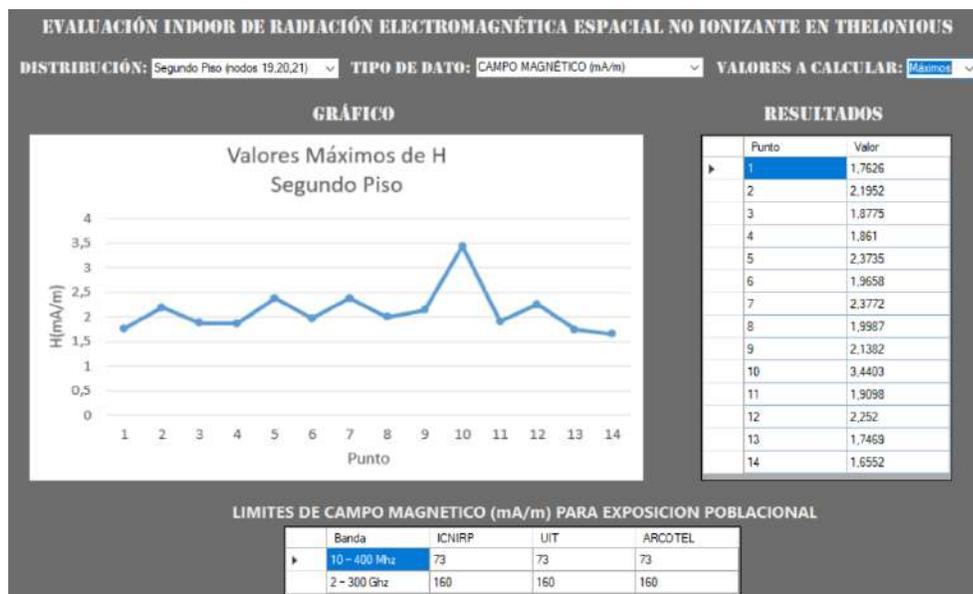


Gráfico 43-3: Valores máximos (H_{max}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo magnético entre los nodos N19, N20 y N21 localizados en el Segundo Piso sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 43-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

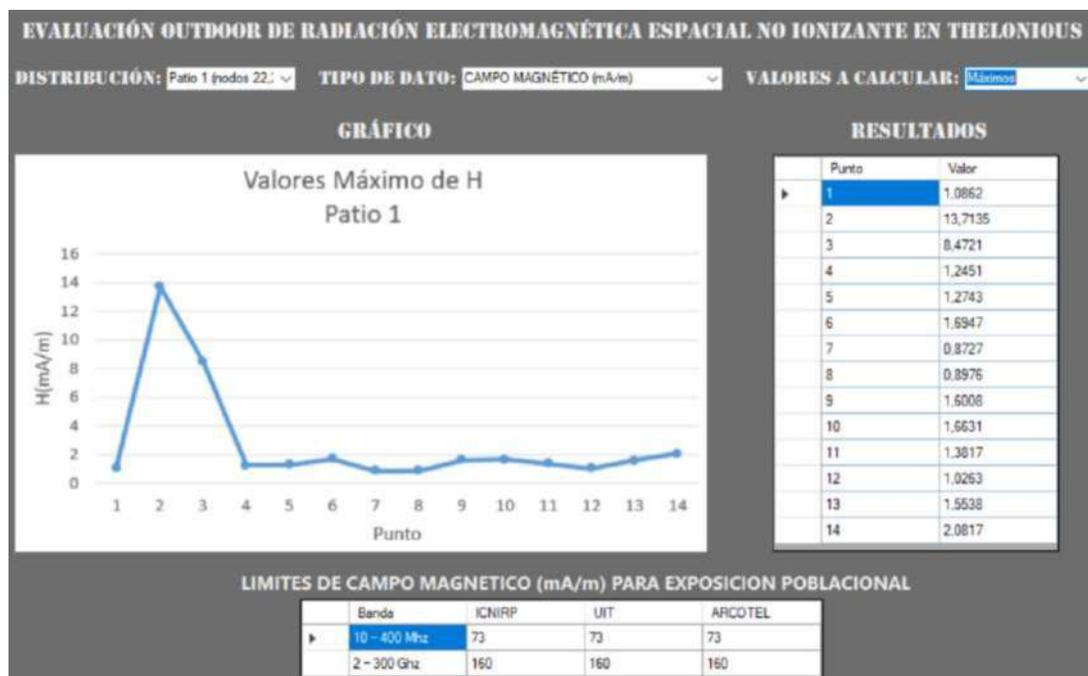


Gráfico 44-3: Valores máximos (H_{max}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de campo magnético entre los nodos N22, N23, N24 y N25 localizados en el Patio 1 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 44-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de máximo de campo magnético entre los nodos N26, N27, N28, N29 y N30 localizados en el Patio 2 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el

Gráfico 45-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

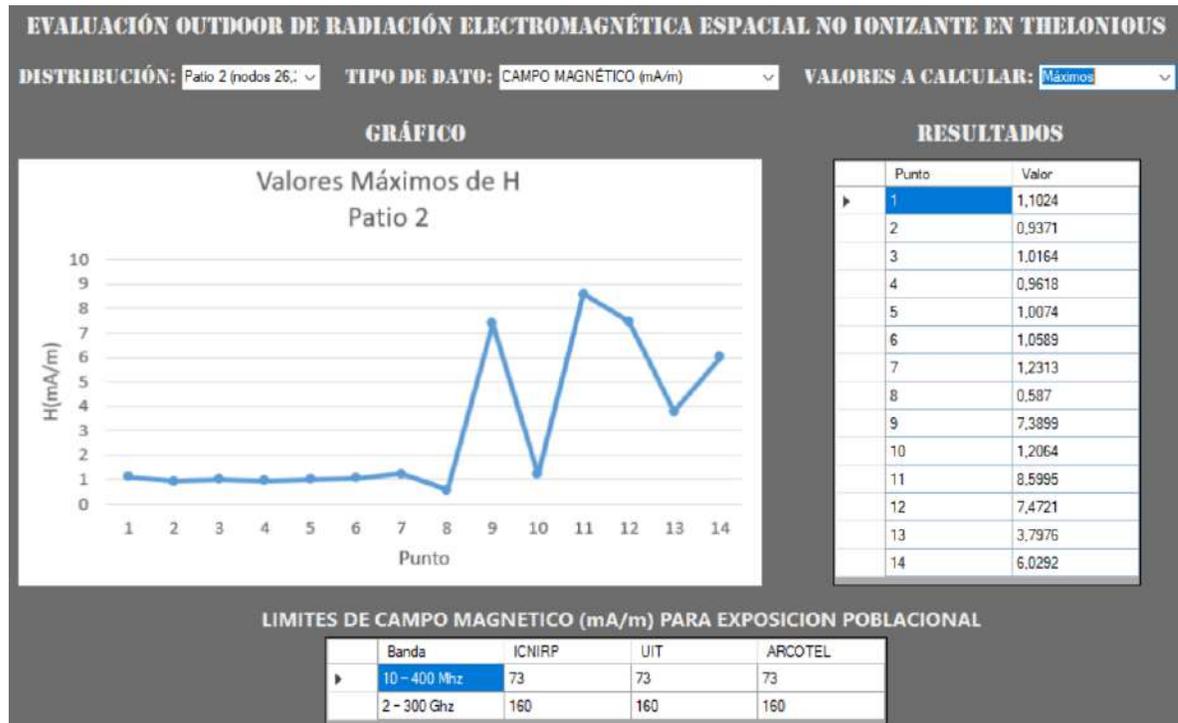


Gráfico 45-3: Valores máximos (H_{max}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Campo Magnético Mínimo (H_{min})

El filtro del valor de mínimo de campo magnético entre los nodos N1, N2 y N3 localizados en el Primero “A” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 46-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

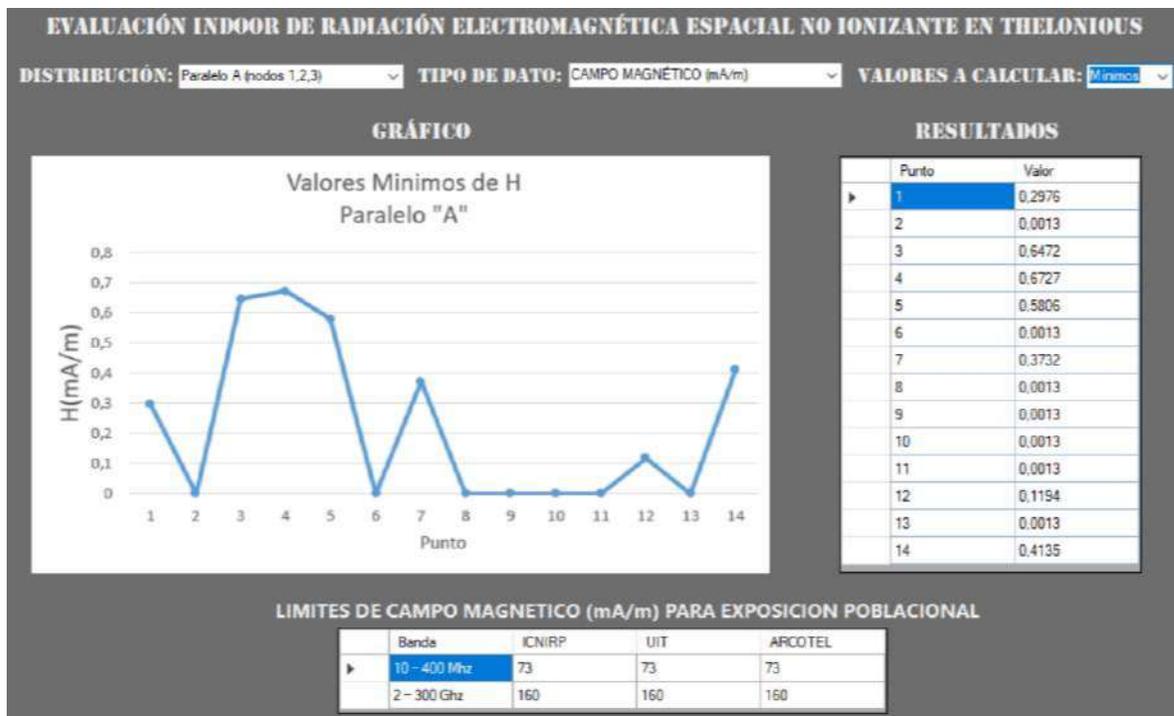


Gráfico 46-3: Valores mínimos (H_{\min}) Paralelo "A" nodos N1, N2 y N3

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

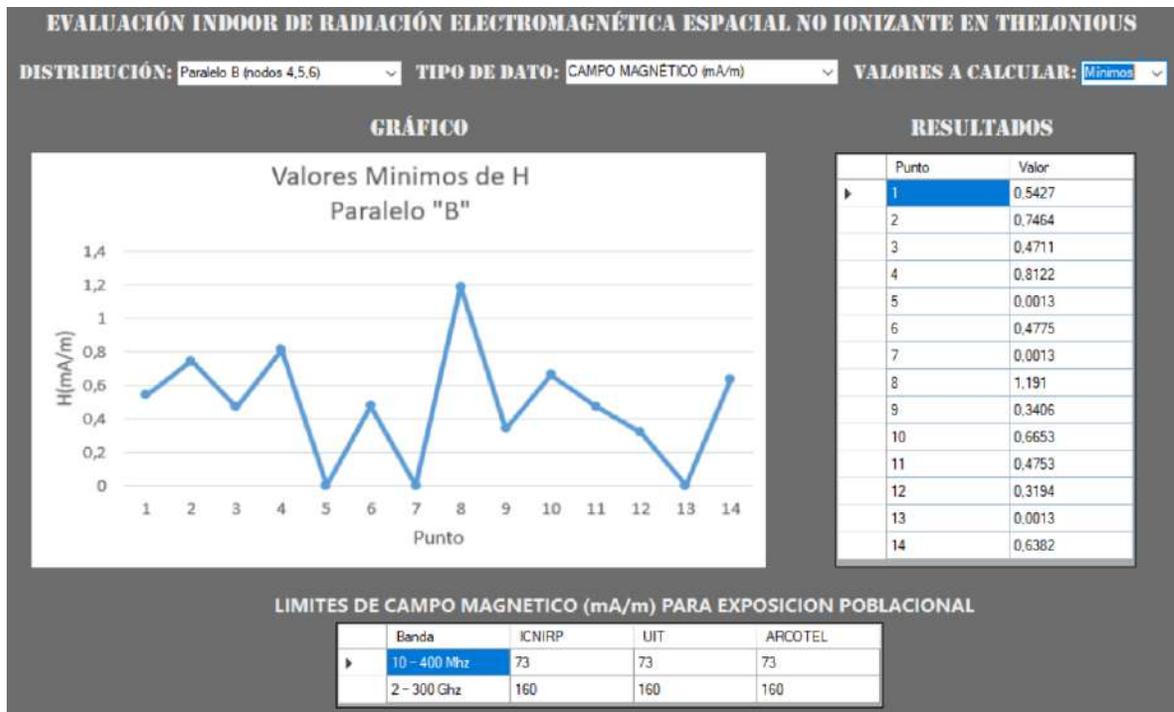


Gráfico 47-3: Valores mínimos (H_{\min}) Paralelo "B" nodos N4, N5 y N6

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo magnético entre los nodos N4, N5 y N6 localizados en el Primero “B” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 47-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

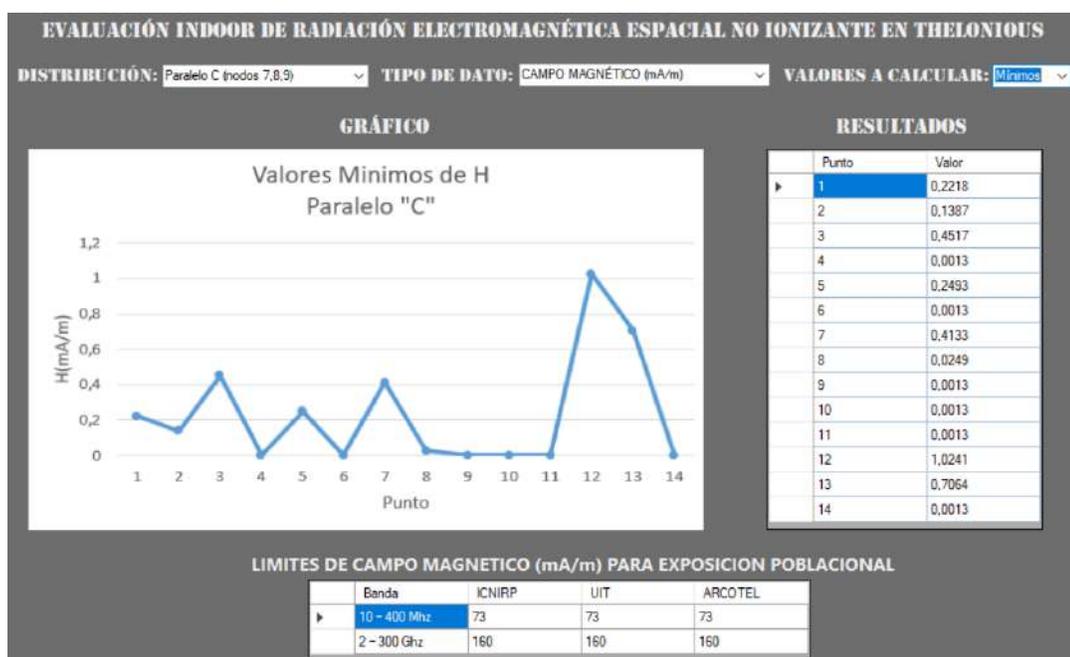


Gráfico 48-3: Valores mínimos (H_{min}) Paralelo “C” nodos N7, N8 y N9

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo magnético entre los nodos N7, N8 y N9 localizados en el Primero “C” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 48-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de mínimo de campo magnético entre los nodos N10, N11 y N12 localizados en el Primero “D” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 49-3,

al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

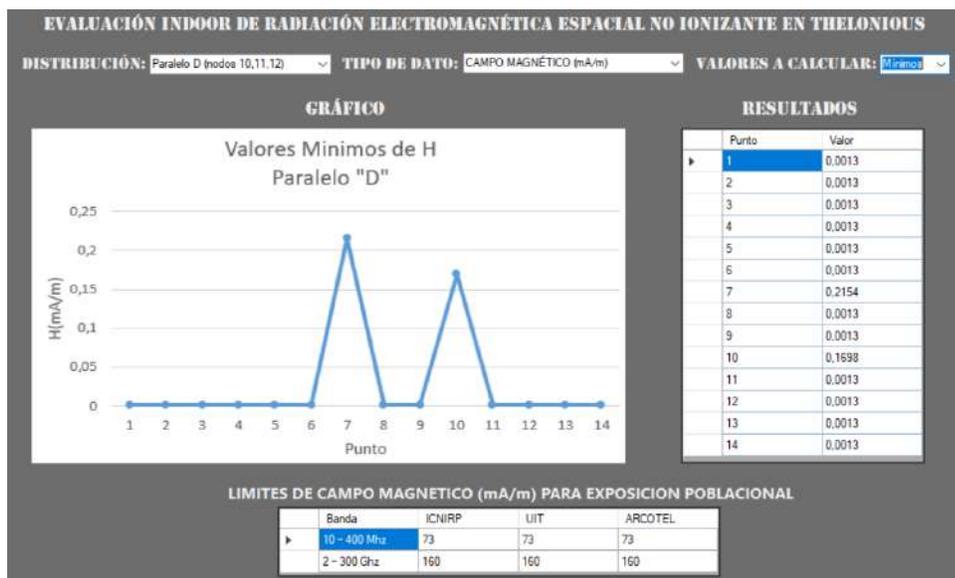


Gráfico 49-3: Valores mínimos (H_{\min}) Paralelo "D" nodos N10, N11 y N12

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

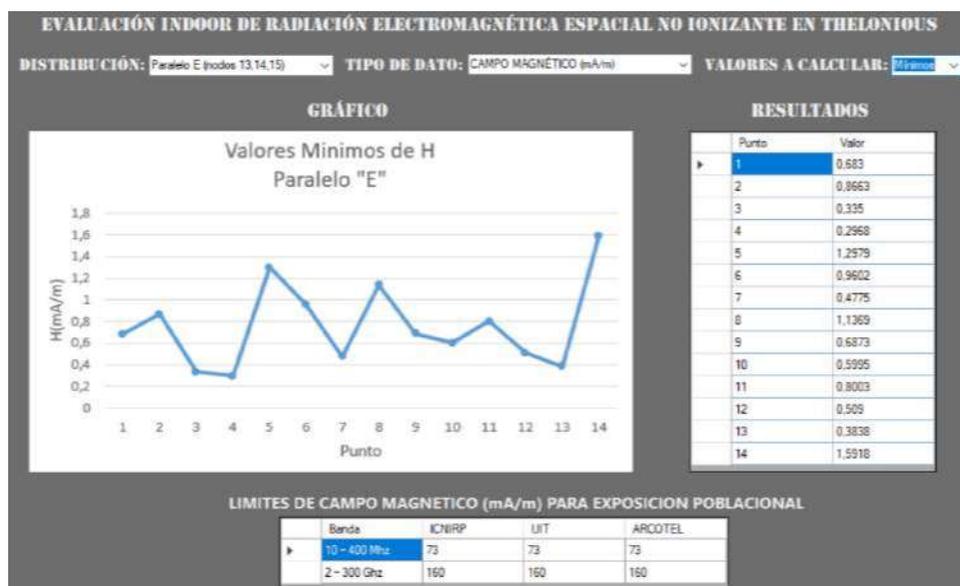


Gráfico 50-3: Valores mínimos (H_{\min}) Paralelo "E" nodos N13, N14 y N15

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo magnético entre los nodos N13, N14 y N15 localizados en el Primero “E” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 50-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

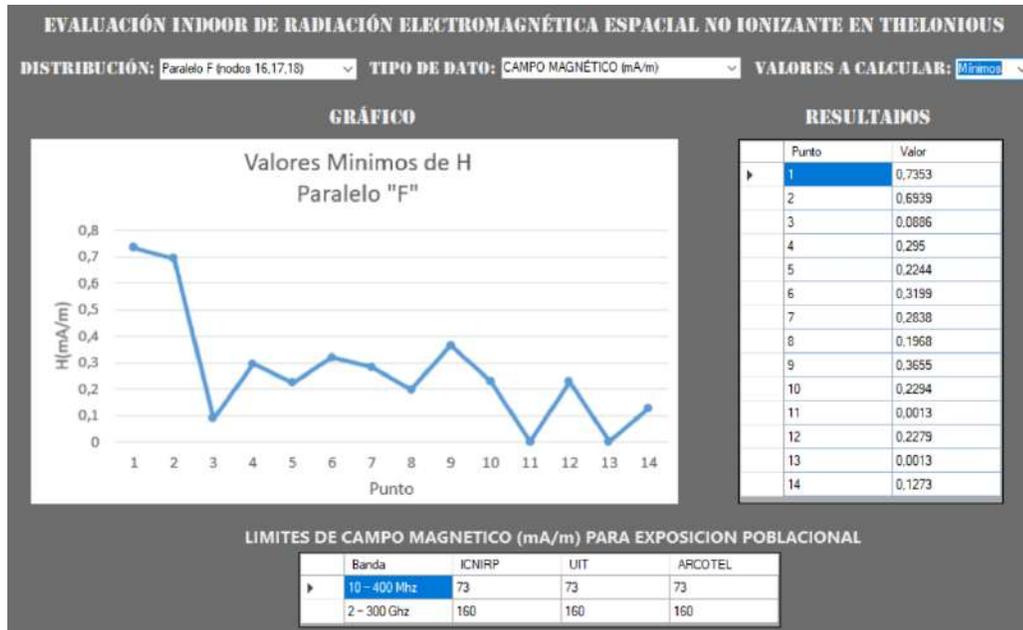


Gráfico 51-3: Valores mínimos (H_{\min}) Paralelo “F” nodos N16, N17 y N18

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo magnético entre los nodos N16, N17 y N18 localizados en el Primero “F” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 51-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de mínimo de campo magnético entre los nodos N19, N20 y N21 localizados en el Segundo Piso sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 52-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y

ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10MHz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

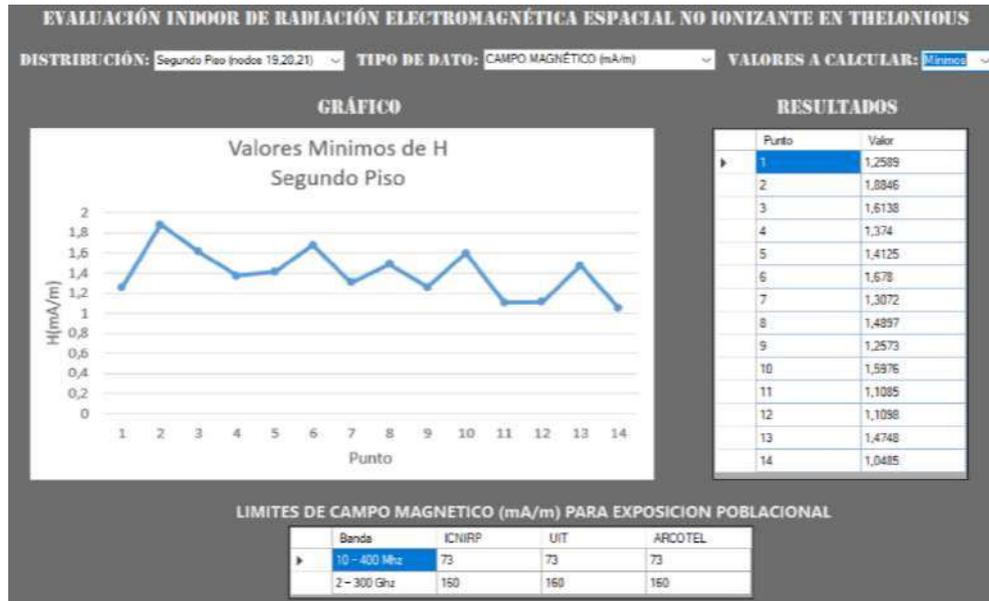


Gráfico 52-3: Valores mínimos (H_{\min}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

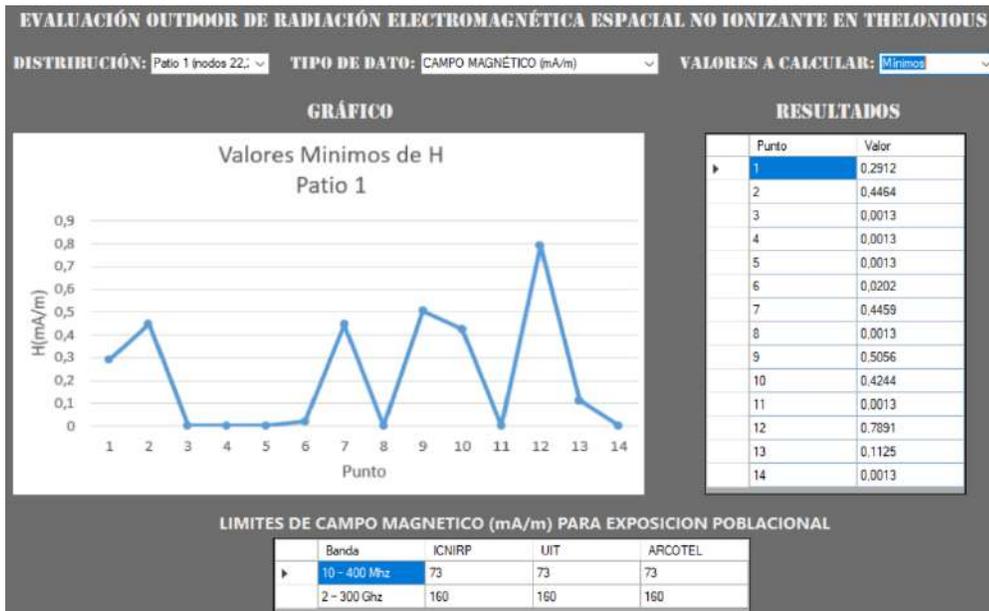


Gráfico 53-3: Valores mínimos (H_{\min}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo magnético entre los nodos N22, N23, N24 y N25 localizados en el Patio 1 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 53-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

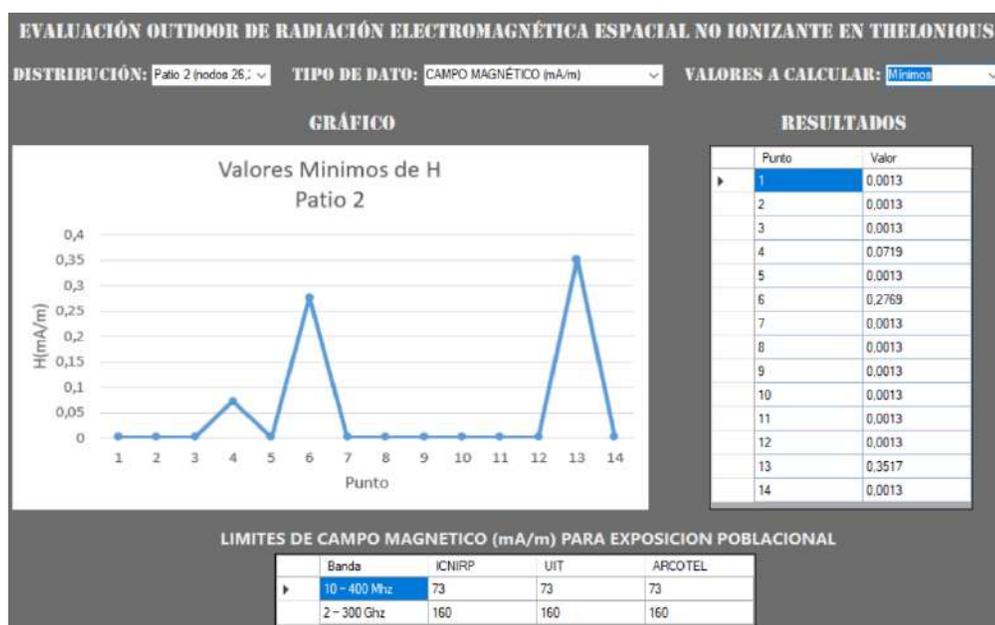


Gráfico 54-3: Valores mínimos (H_{\min}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de campo magnético entre los nodos N26, N27, N28, N29 y N30 localizados en el Patio 2 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 54-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (73 mA/m) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (160 mA/m), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

3.2.4.3 Resultados Densidad de Potencia (S)

Los resultados del comportamiento de densidad de potencia se muestran a continuación:

Densidad de Potencia Promedio (S_{prom})

El cálculo de los valores promedios de densidad de potencia entre los nodos N1, N2 y N3 localizados en el Paralelo “A”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 55-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m²) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m²), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

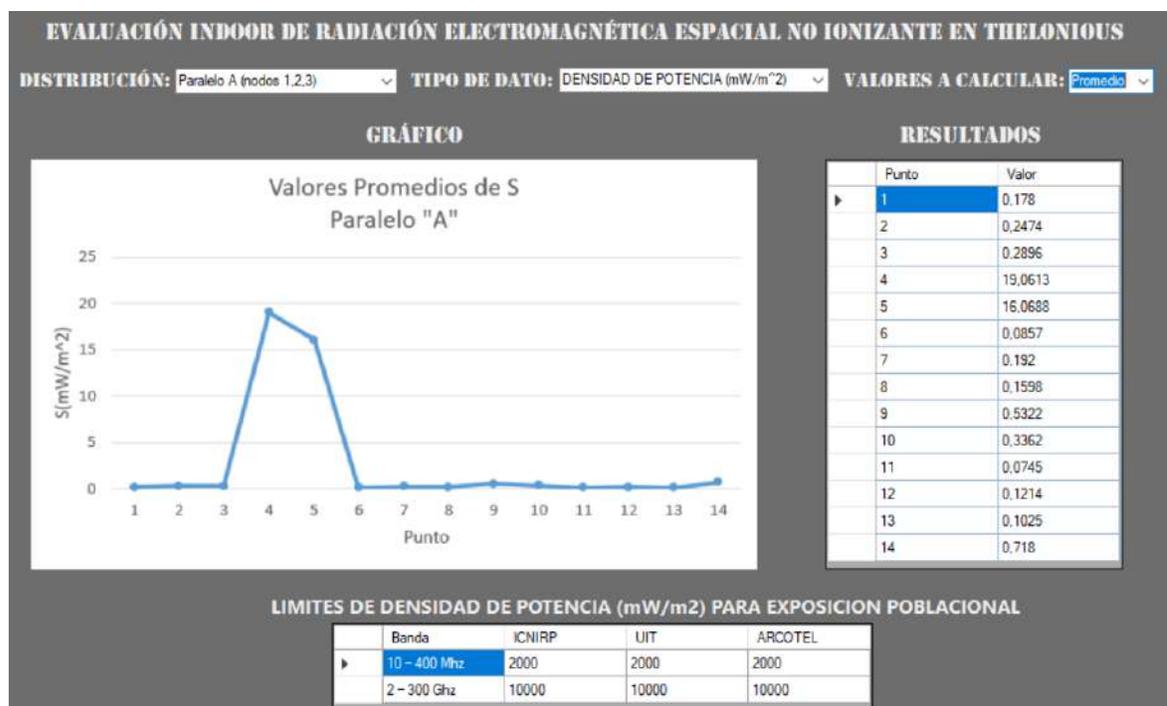


Gráfico 55-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo “A” nodos N1, N2 y N3

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de densidad de potencia entre los nodos N4, N5 y N6 localizados en el Paralelo “B”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 56-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m²) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m²), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

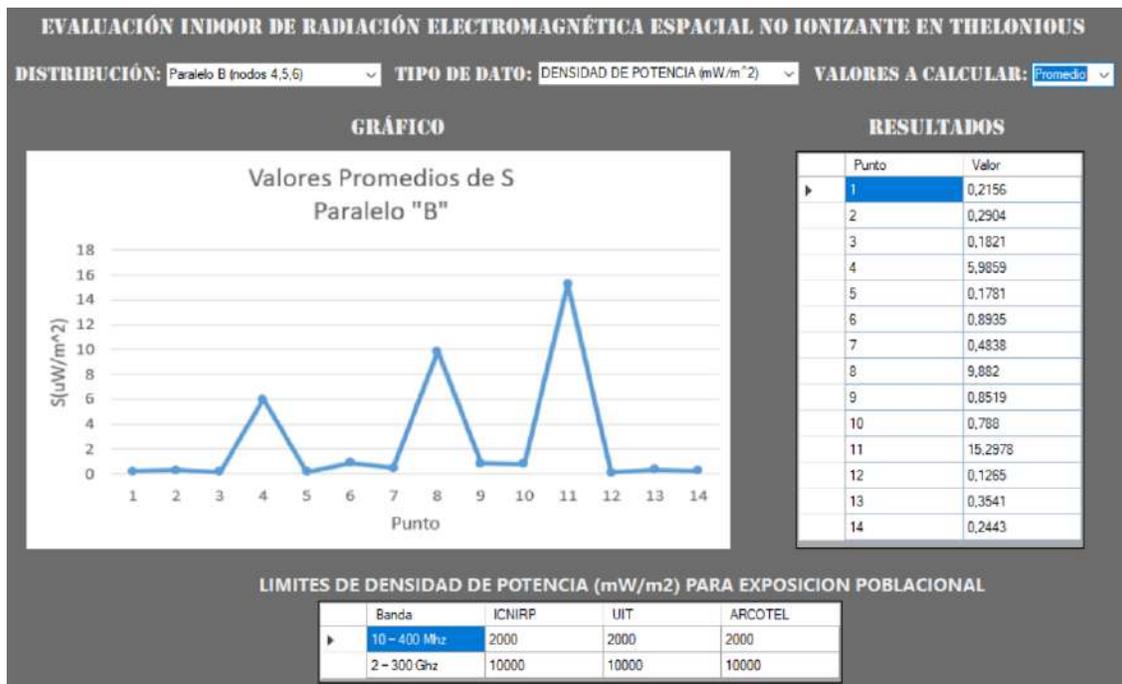


Gráfico 56-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo "B" nodos N4, N5 y N6

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

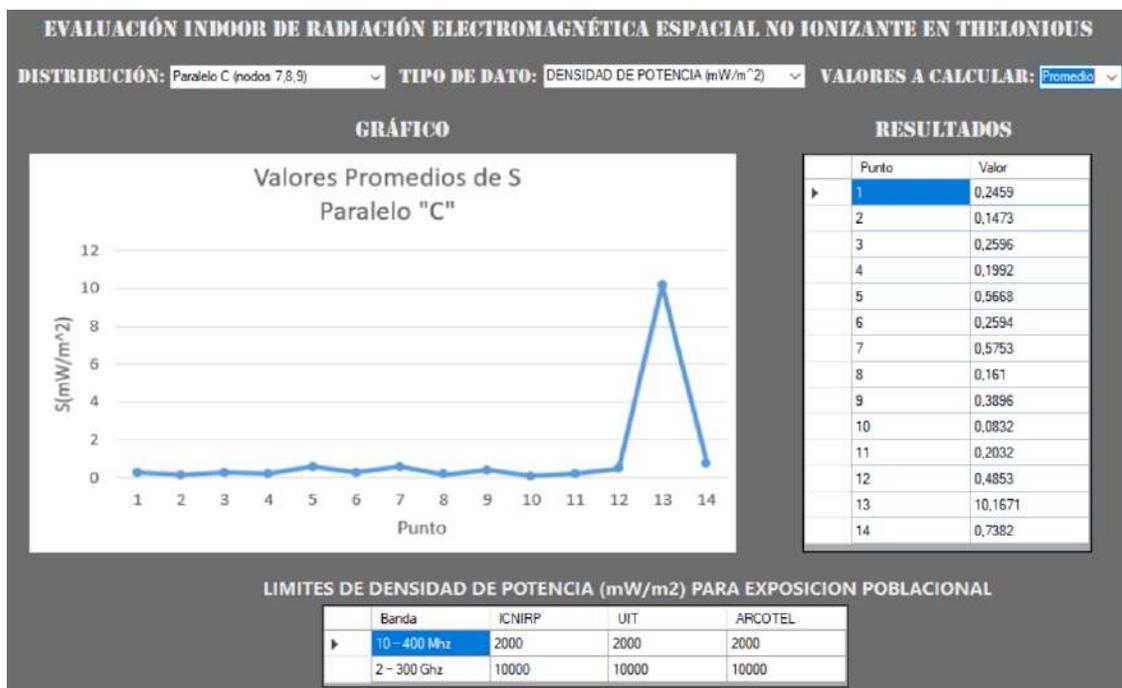


Gráfico 57-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo "C" nodos N7, N8 y N9

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de densidad de potencia entre los nodos N7, N8 y N9 localizados en el Paralelo “C”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 57-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

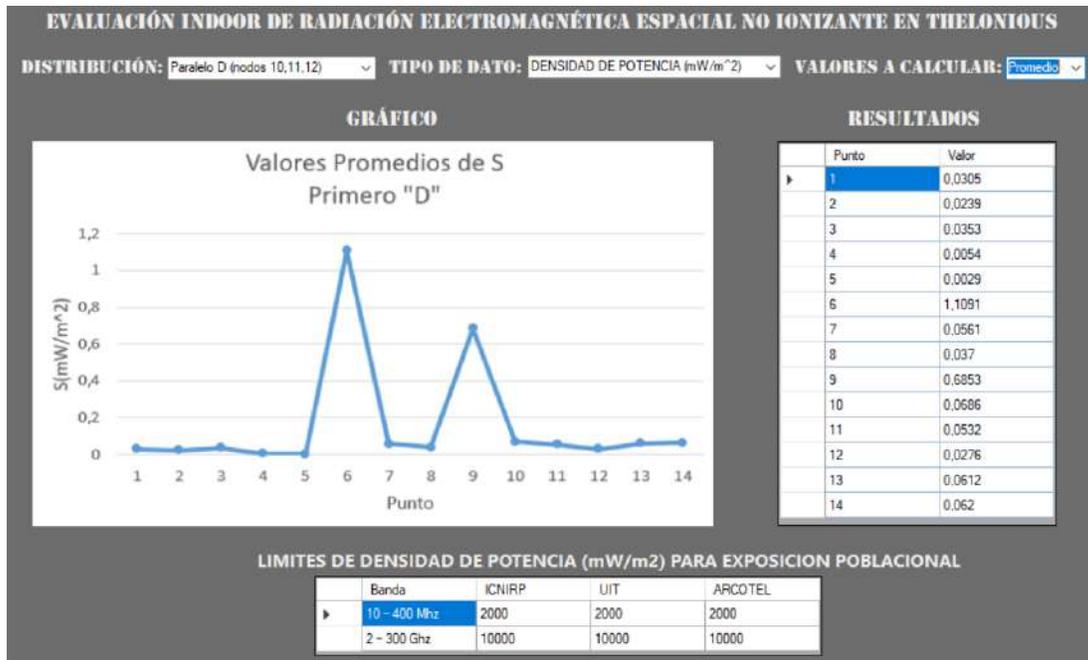


Gráfico 58-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de densidad de potencia entre los nodos N10, N11 y N12 localizados en el Paralelo “D”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 58-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El cálculo de los valores promedios de densidad de potencia entre los nodos N13, N14 y N15 localizados en el Paralelo “E”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 59-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la

ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

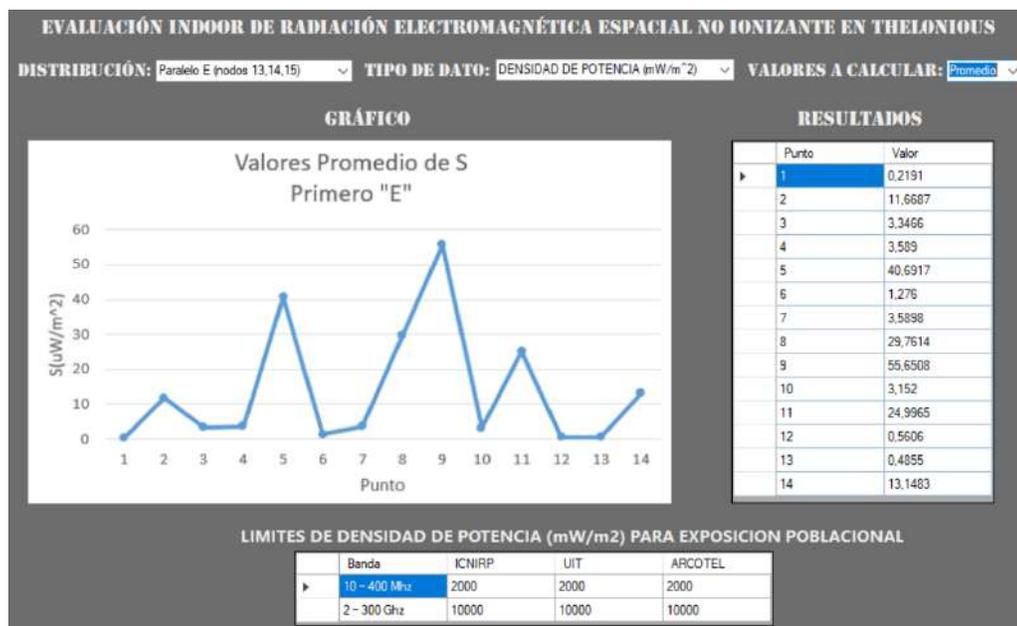


Gráfico 59-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo "E" nodos N13, N14 y N15

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

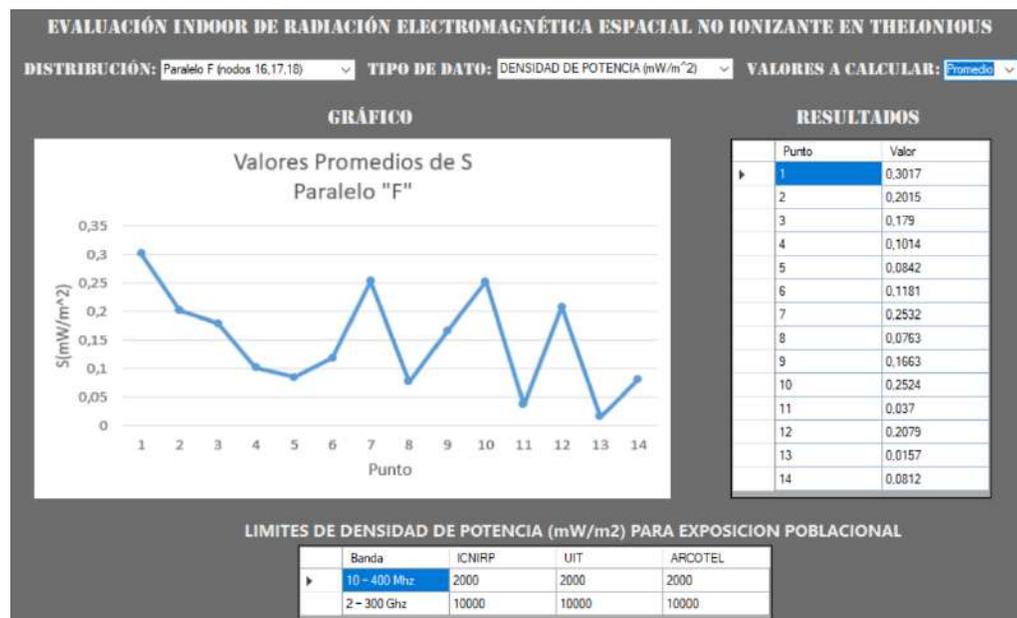


Gráfico 60-3: Valores promedios (S_{prom}) Paralelo "F" nodos N16, N17 y N18

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de densidad de potencia entre los nodos N16, N17 y N18 localizados en el Paralelo “F”, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 60-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

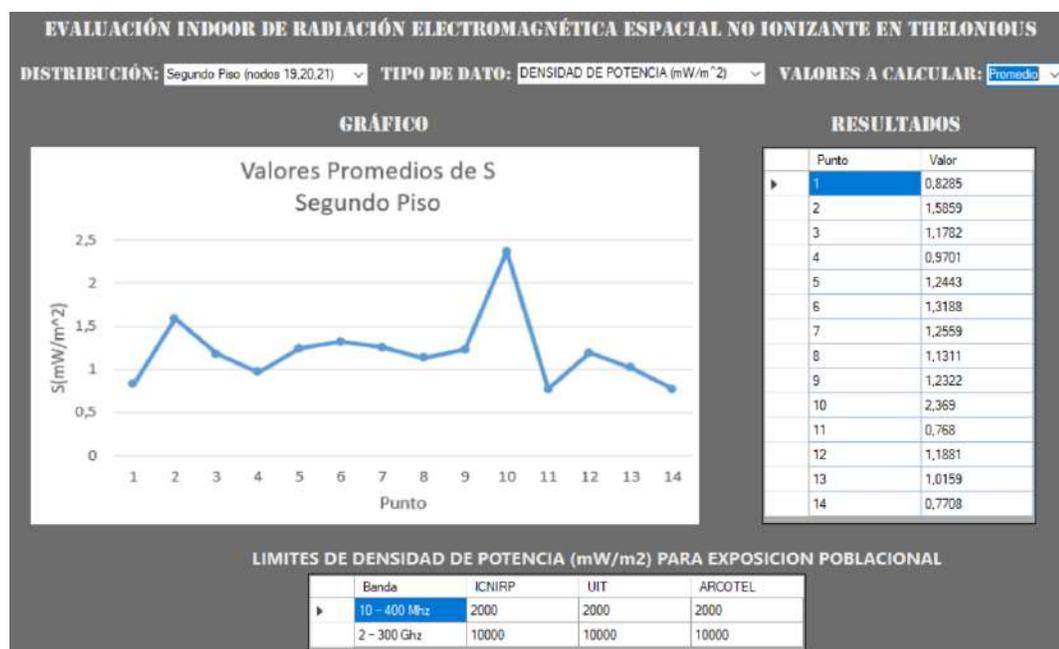


Gráfico 61-3: Valores promedios (S_{prom}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de densidad de potencia entre los nodos N19, N20 y N21 localizados en el Segundo Piso, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 61-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El cálculo de los valores promedios de densidad de potencia entre los nodos N22, N23, N24 y N25 localizados en el Patio 1, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 62-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP,

UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

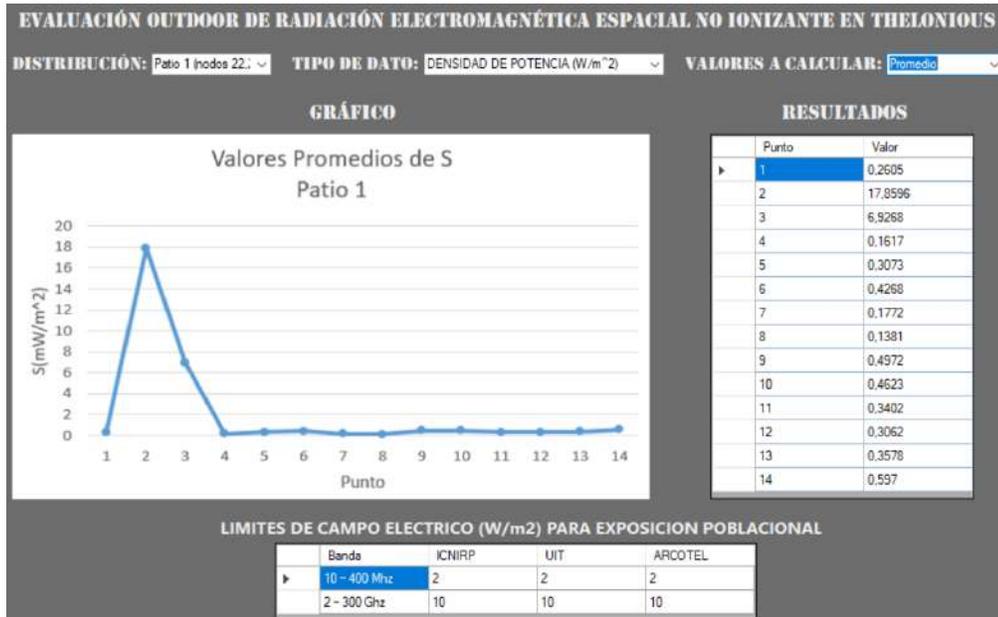


Gráfico 62-3: Valores promedios (S_{prom}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

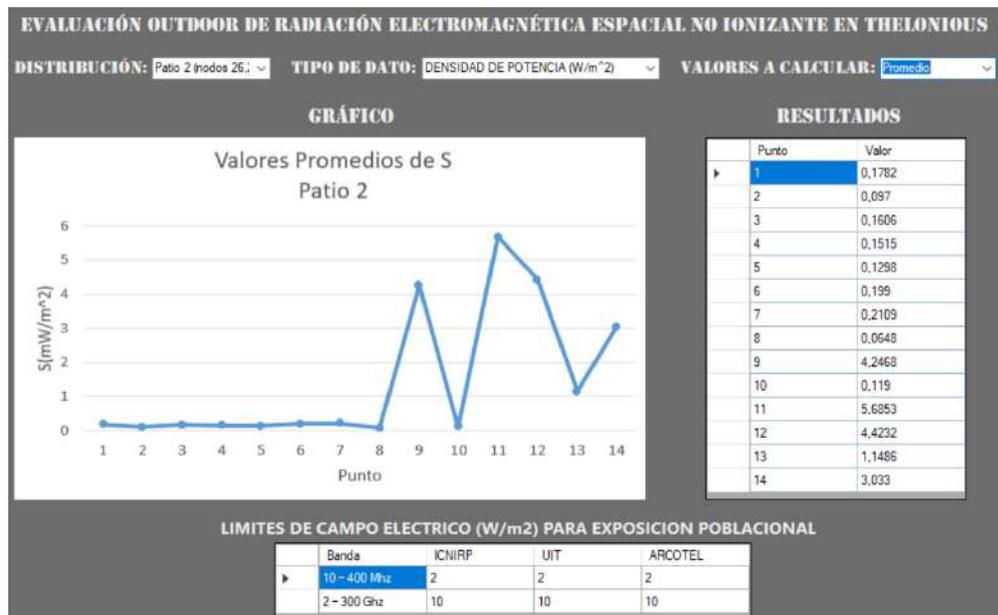


Gráfico 63-3: Valores promedios (S_{prom}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El cálculo de los valores promedios de densidad de potencia entre los nodos N26, N27, N28, N29 y N30 localizados en el Patio 2, sobre los 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious se presentan en el Gráfico 63-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

Densidad de Potencia Máxima (S_{\max})

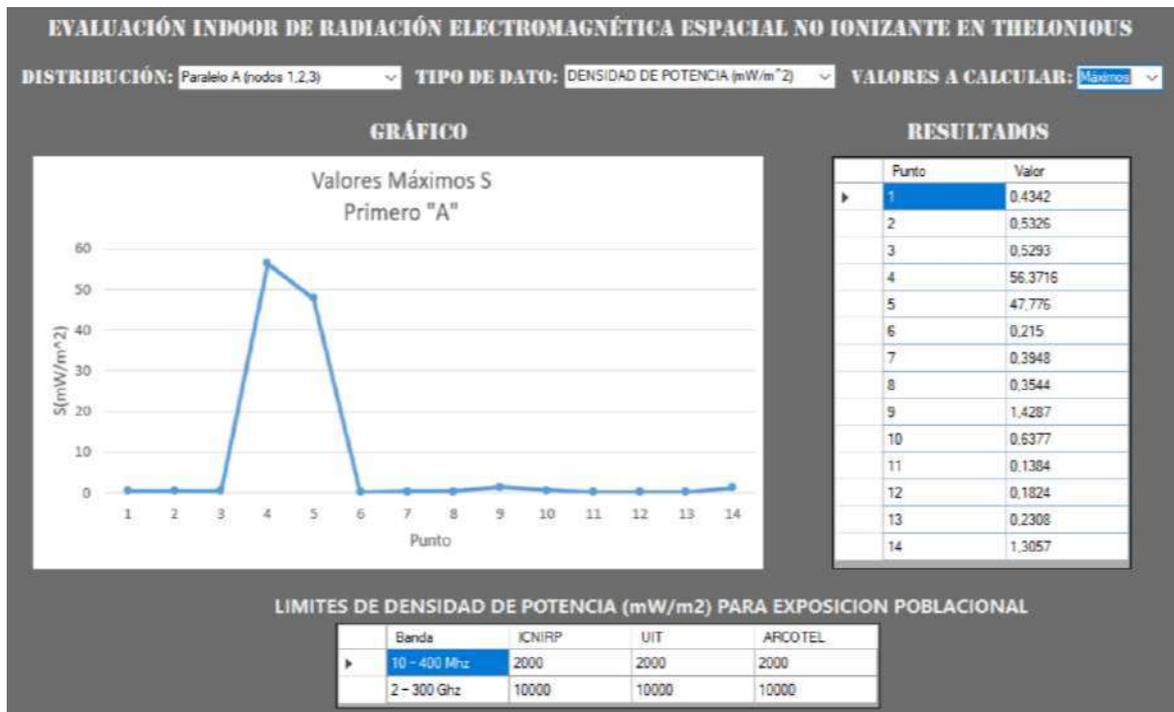


Gráfico 64-3: Valores máximos (S_{\max}) Paralelo "A" nodos N1, N2 y N3

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de densidad de potencia entre los nodos N1, N2 y N3 localizados en el Primero "A" sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 64-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

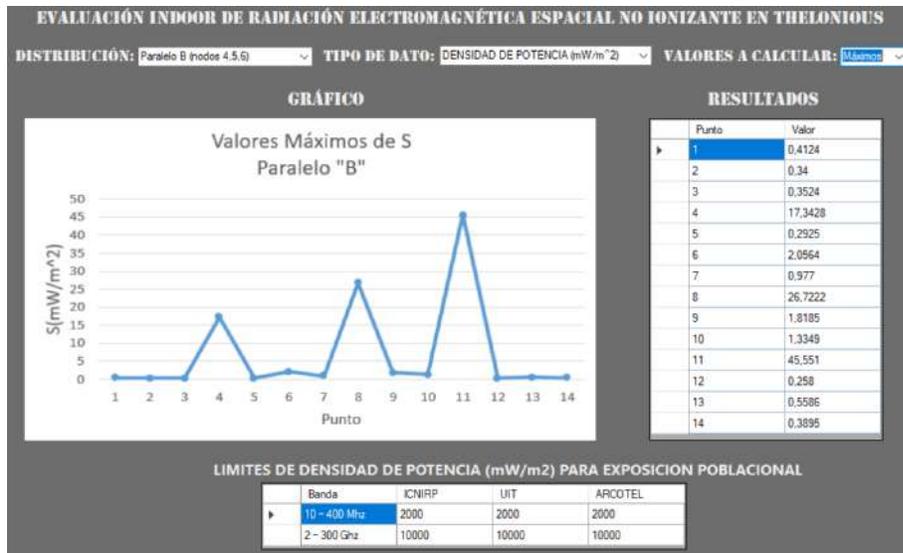


Gráfico 65-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo "B" nodos N4, N5 y N6

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de densidad de potencia entre los nodos N4, N5 y N6 localizados en el Primero "B" sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 65-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

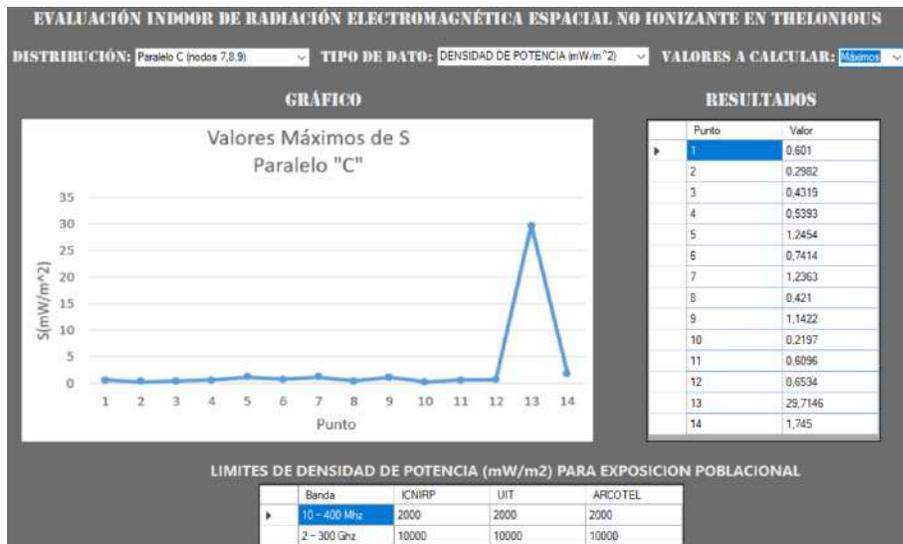


Gráfico 66-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo "C" nodos N7, N8 y N9

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de densidad de potencia entre los nodos N7, N8 y N9 localizados en el Primero “C” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 66-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

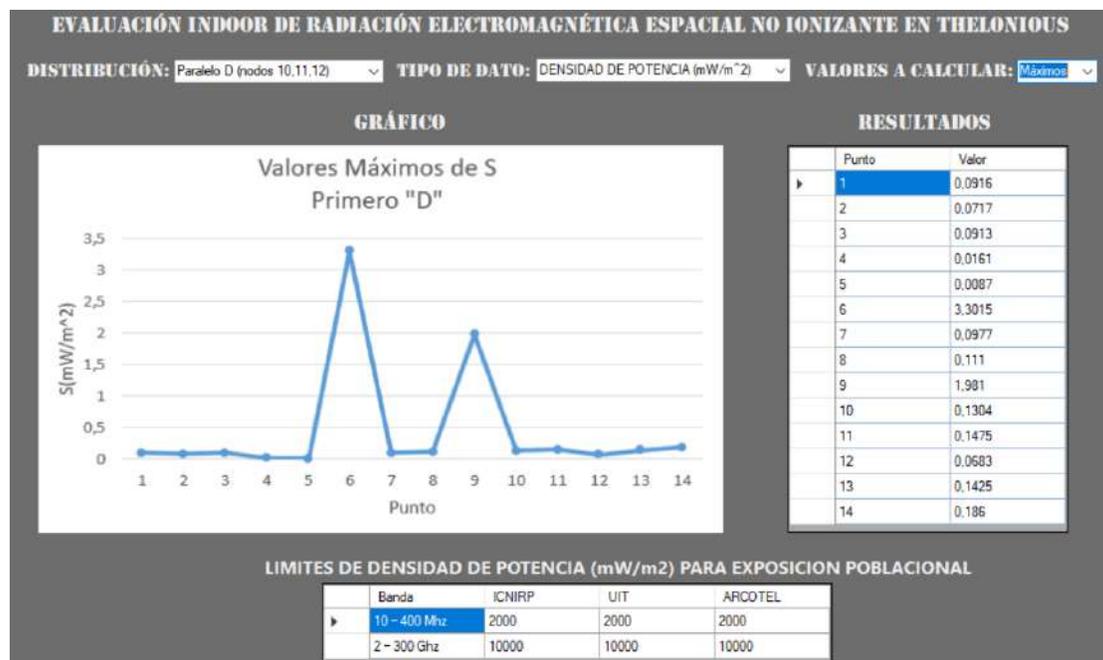


Gráfico 67-3: Valores máximos (S_{\max}) Paralelo “D” nodos N10, N11 y N12

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de densidad de potencia entre los nodos N10, N11 y N12 localizados en el Primero “D” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 67-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de máximo de densidad de potencia entre los nodos N13, N14 y N15 localizados en el Primero “E” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 68-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y

ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

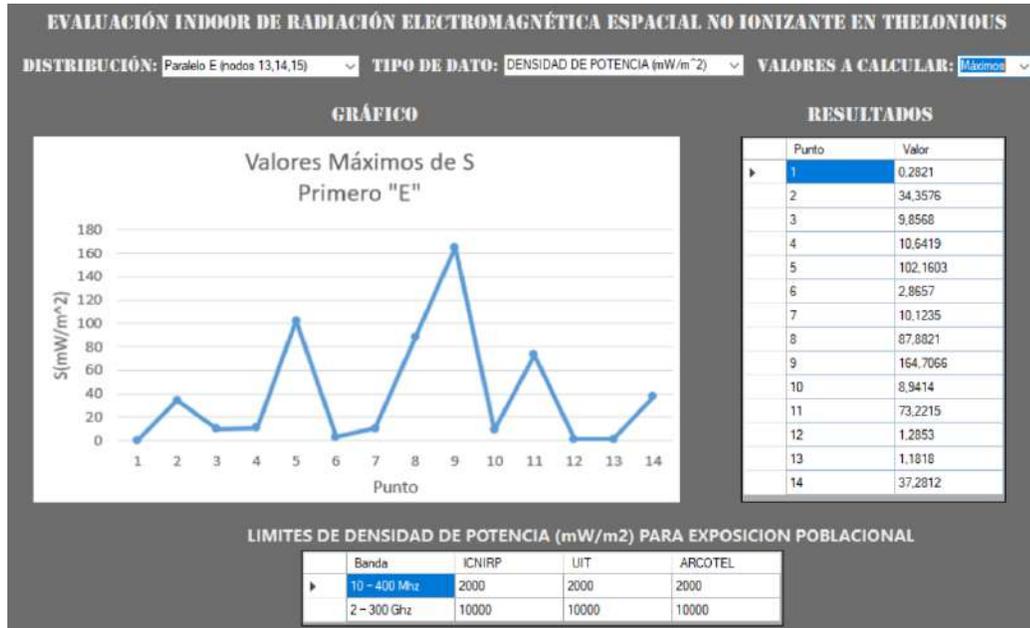


Gráfico 68-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo "E" nodos N13, N14 y N15

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

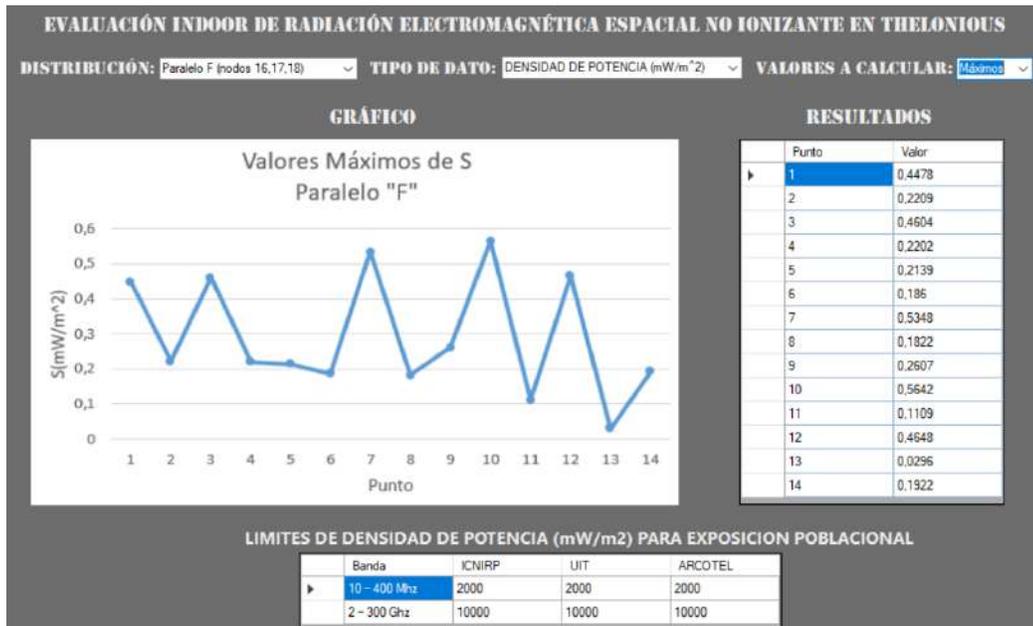


Gráfico 69-3: Valores máximos (S_{max}) Paralelo "F" nodos N16, N17 y N18

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de densidad de potencia entre los nodos N16, N17 y N18 localizados en el Primero “F” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 69-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

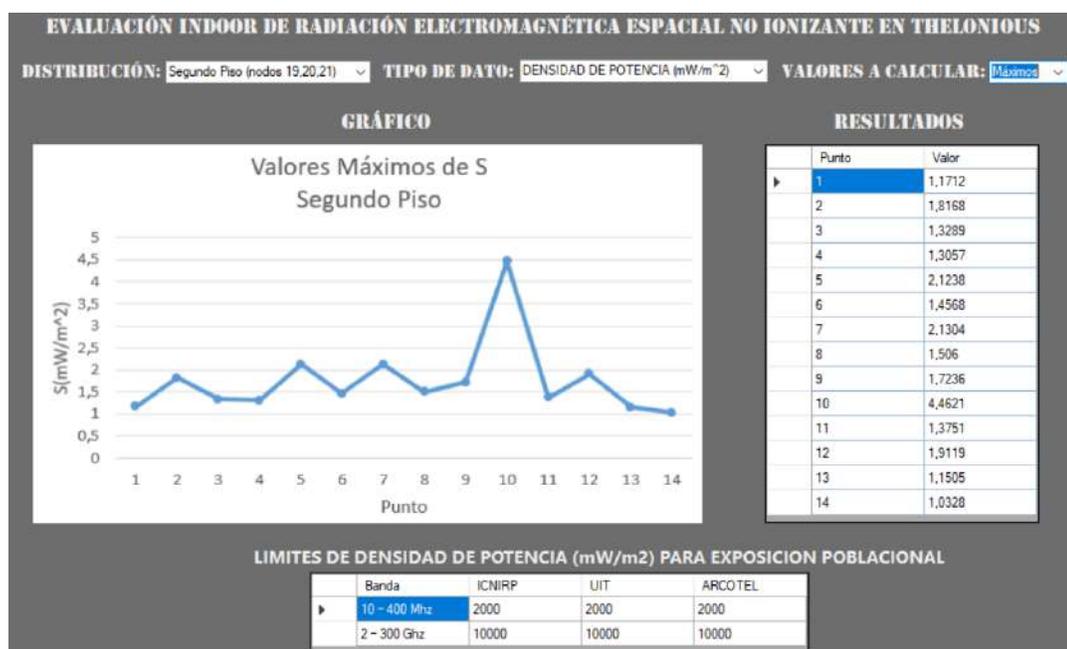


Gráfico 70-3: Valores máximos (S_{\max}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de densidad de potencia entre los nodos N19, N20 y N21 localizados en el Segundo Piso sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 70-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de máximo de densidad de potencia entre los nodos N22, N23, N24 y N25 localizados en el Patio 1 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 71-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP,

UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

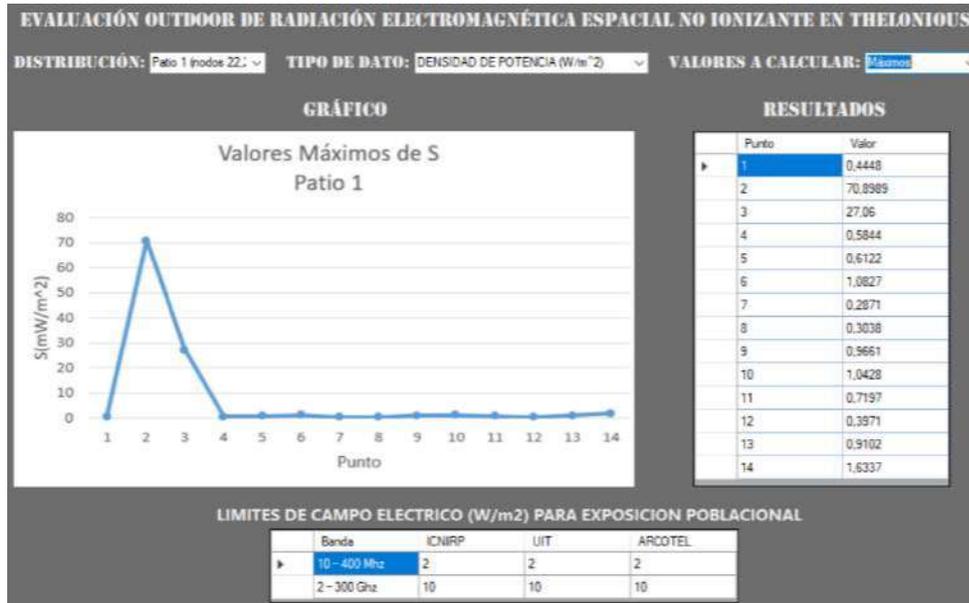


Gráfico 71-3: Valores máximos (S_{\max}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25

Realizado por: Dennis Guamán, 2018



Gráfico 72-3: Valores máximos (S_{\max}) Patio 2 nodos N25, N27, N28, N29 y N30

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de máximo de densidad de potencia entre los nodos N25, N27, N28, N29 y N30 localizados en el Patio 2 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 72-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

Densidad de Potencia Mínima (S_{\min})

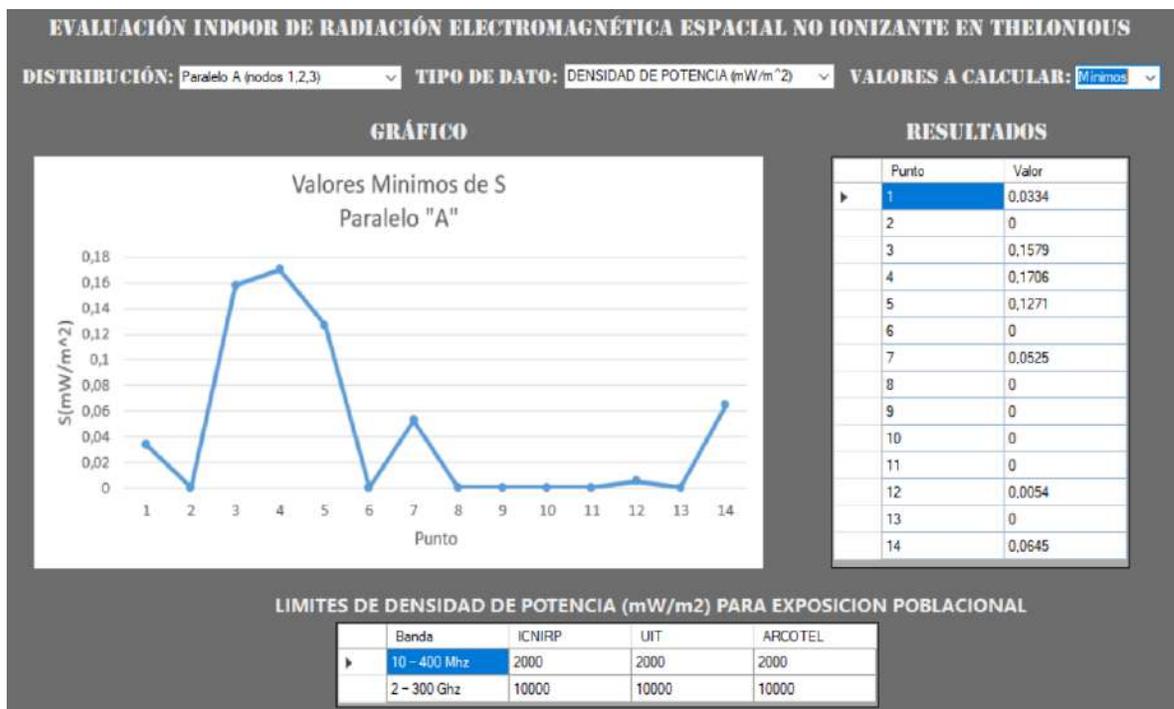


Gráfico 73-3: Valores mínimos (S_{\min}) Paralelo "A" nodos N1, N2 y N3

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de densidad promedio entre los nodos N1, N2 y N3 localizados en el Primero "A" sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 73-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de mínimo de densidad promedio entre los nodos N4, N5 y N6 localizados en el Primero “B” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 74-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

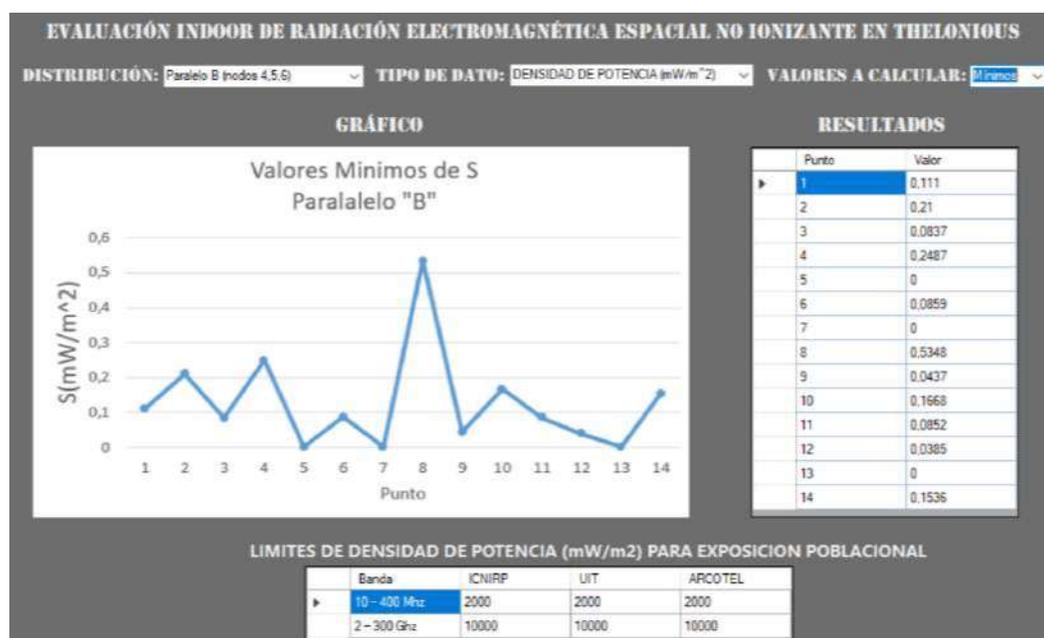


Gráfico 74-3: Valores mínimos (S_{min}) Paralelo “B” nodos N4, N5 y N6

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de densidad promedio entre los nodos N7, N8 y N9 localizados en el Primero “C” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 75-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de mínimo de densidad promedio entre los nodos N10, N11 y N12 localizados en el Primero “D” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 76-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y

ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHZ (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHZ-300GHZ (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

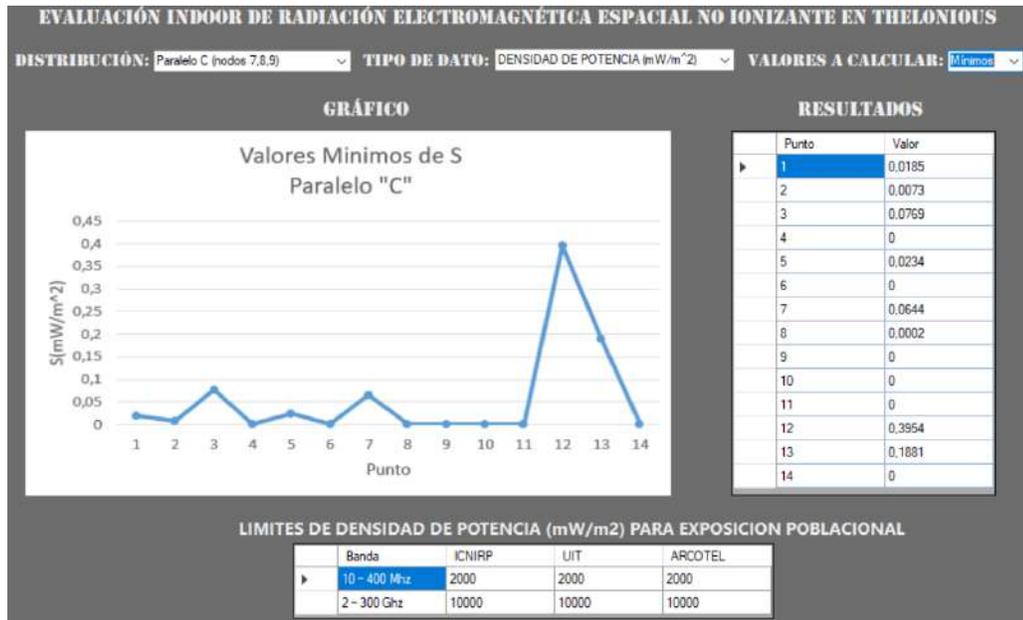


Gráfico 75-3: Valores mínimos (S_{\min}) Paralelo "C" nodos N7, N8 y N9

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

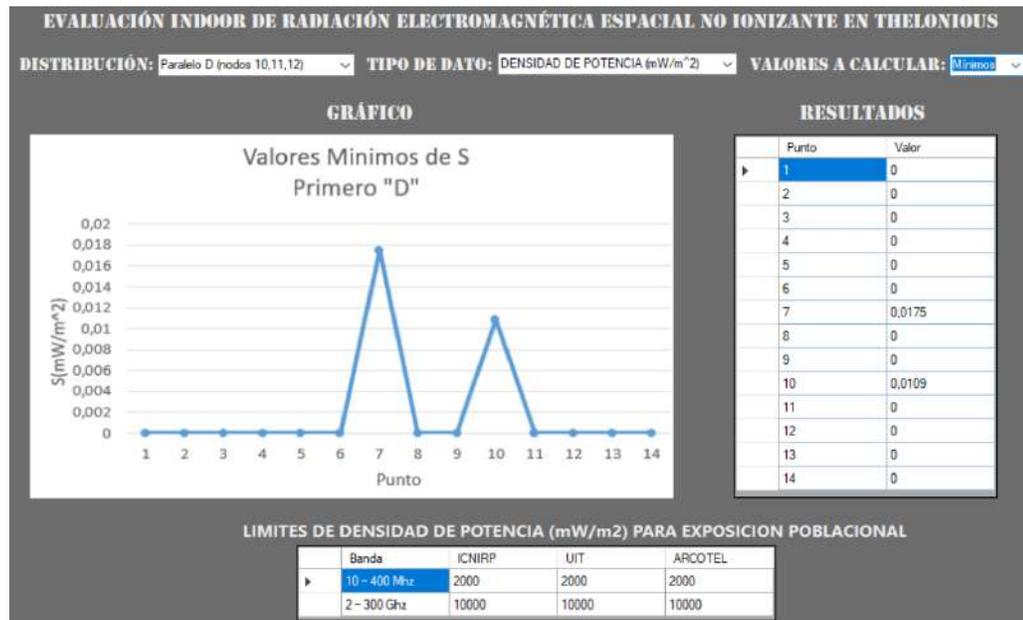


Gráfico 76-3: Valores mínimos (S_{\min}) Paralelo "D" nodos N10, N11 y N12

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de densidad promedio entre los nodos N13, N14 y N15 localizados en el Primero “E” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 77-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

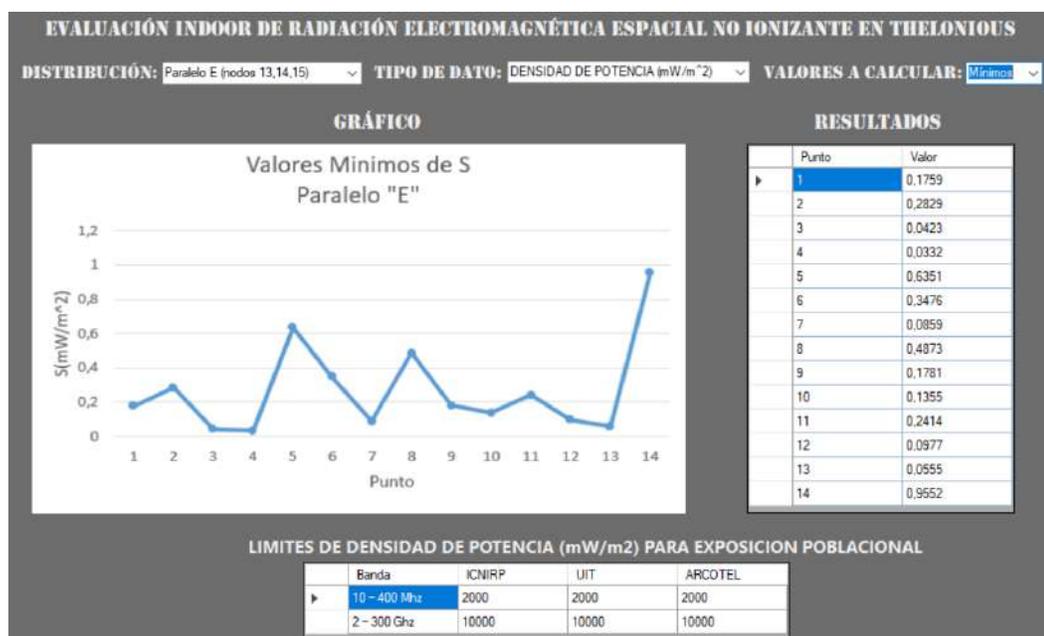


Gráfico 77-3: Valores mínimos (S_{\min}) Paralelo “E” nodos N13, N14 y N15

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de densidad promedio entre los nodos N16, N17 y N18 localizados en el Primero “F” sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 78-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de mínimo de densidad promedio entre los nodos N19, N20 y N21 localizados en el Segundo Piso sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 79-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y

ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHZ (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHZ-300GHZ (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

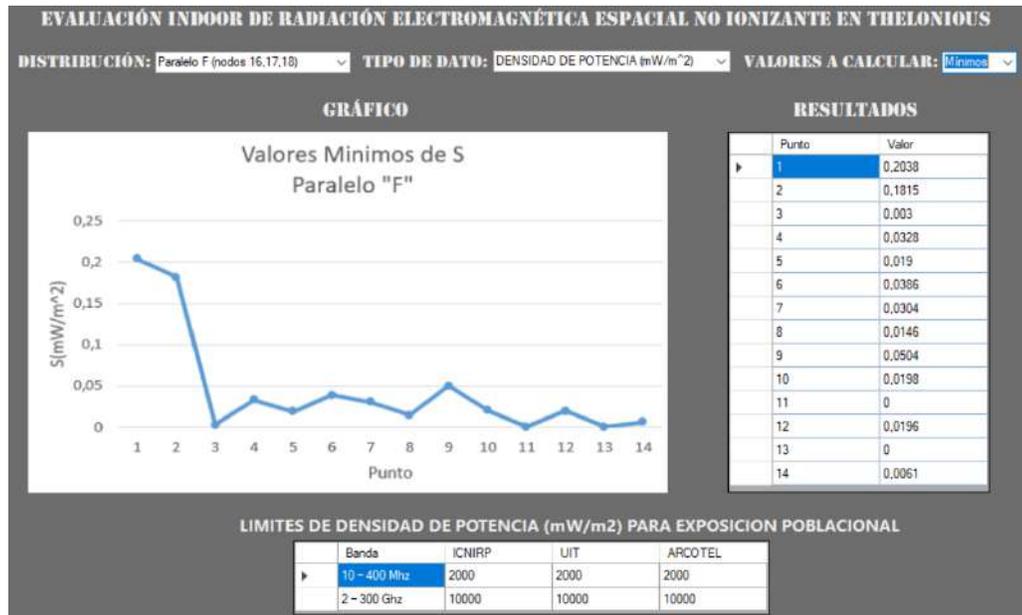


Gráfico 78-3: Valores mínimos (S_{\min}) Paralelo "F" nodos N16, N17 y N18

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

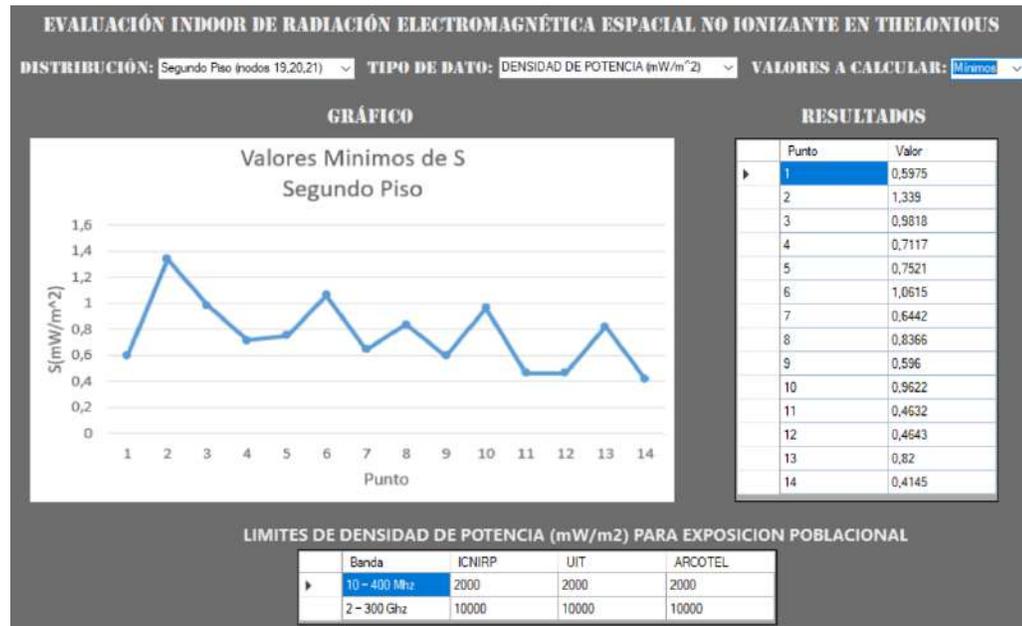


Gráfico 79-3: Valores mínimos (S_{\min}) Segundo Piso nodos N19, N20 y N21

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

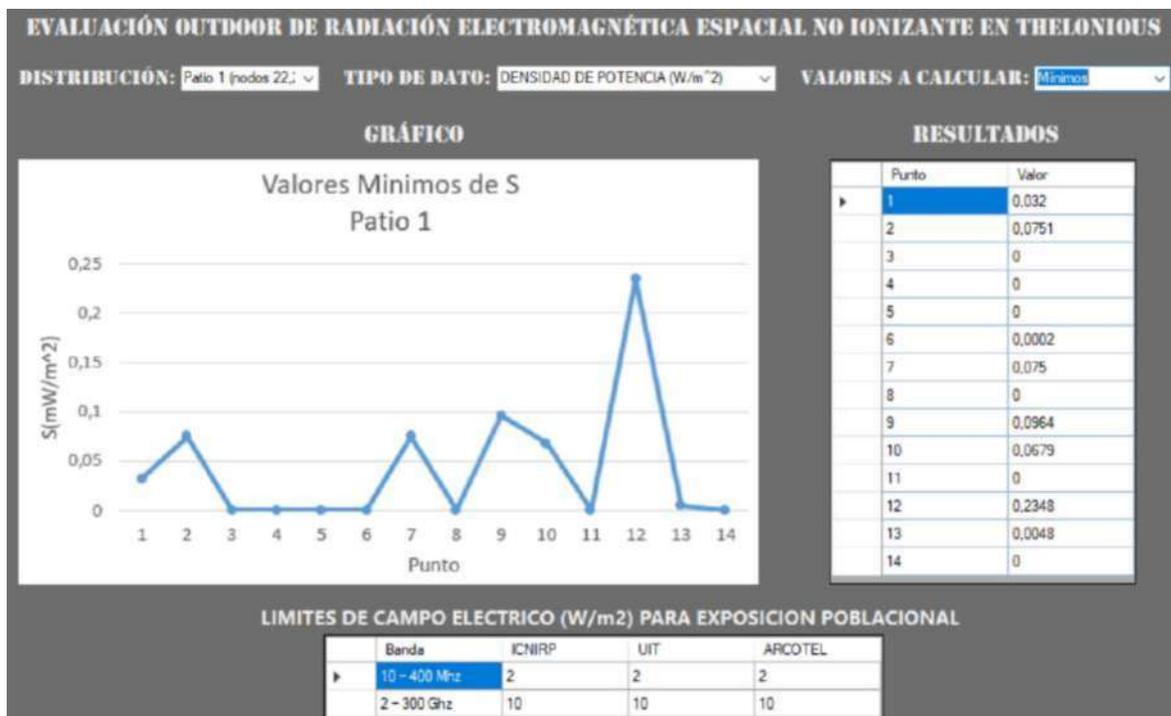


Gráfico 80-3: Valores mínimos (S_{\min}) Patio 1 nodos N22, N23, N24 y N25

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

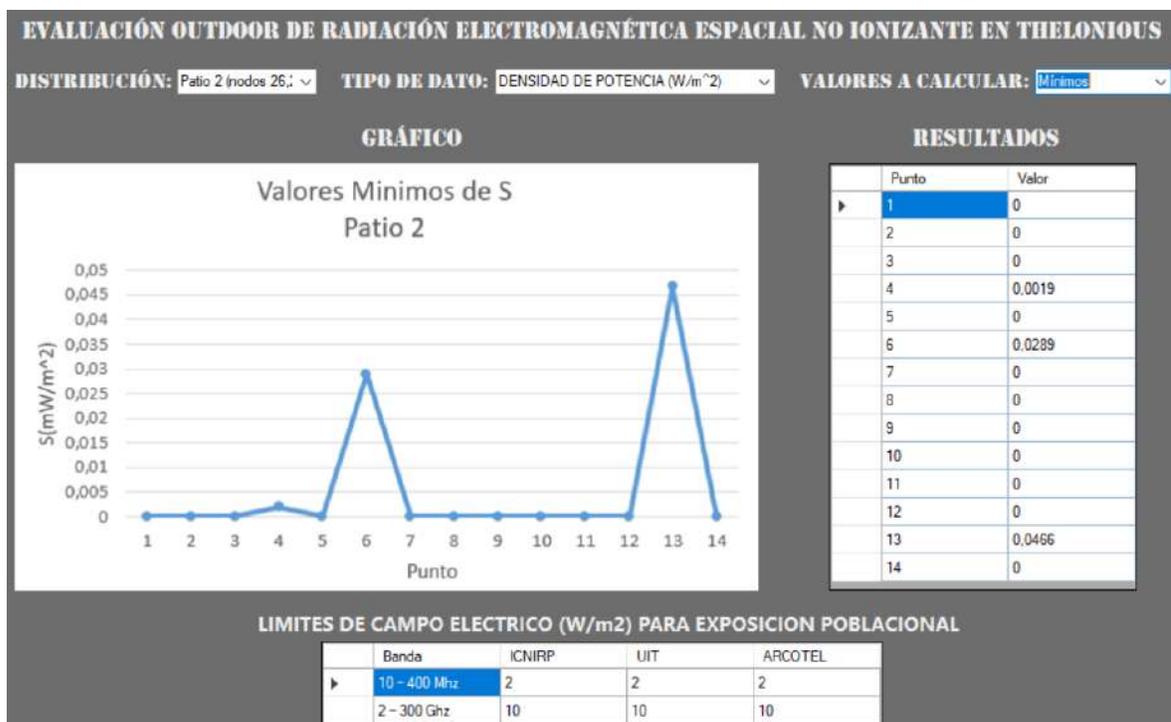


Gráfico 81-3: Valores mínimos (S_{\min}) Patio 2 nodos N26, N27, N28, N29 y N30

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El filtro del valor de mínimo de densidad promedio entre los nodos N22, N23, N24 y N25 localizados en el Patio 1 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 80-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

El filtro del valor de mínimo de densidad promedio entre los nodos N26, N27, N28, N29 y N30 localizados en el Patio 2 sobre 14 puntos espaciales del modelo de Thelonious se presentan en el Gráfico 81-3, al comparar estos valores con las limitantes de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL para para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz (2 W/m^2) y el límite para banda de 2GHz-300GHz (10 W/m^2), bandas de frecuencias en las que opera el TENMARS-TM 196, se observa que estos valores están muy por debajo de estas limitantes.

3.2.4.4 Resultados de la Media

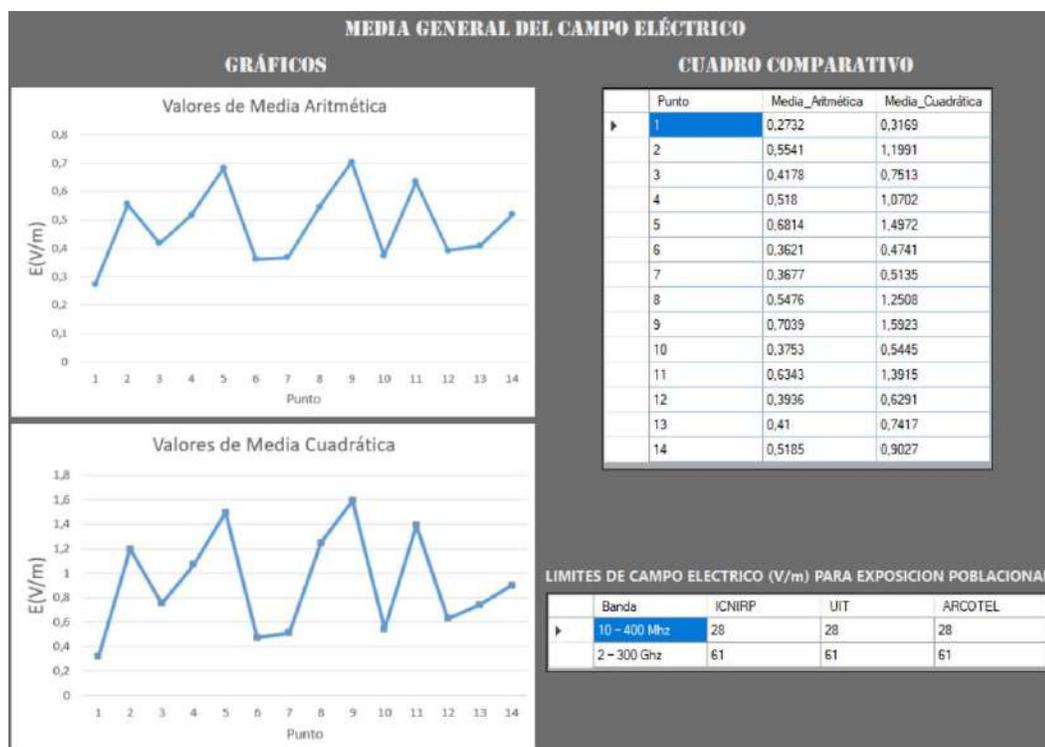


Gráfico 82-3: Valores de Media de (E) a nivel de UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Gráfico 82-3, presenta el cálculo tanto de la media aritmética como de la media cuadrática, en el conjunto total de 30 nodos en la UECECH para 14 puntos espaciales distribuidos en Thelonious, al comparar estos valores con los límites de exposición poblacional de la ICNIRP, UIT Y ARCOTEL, se puede notar que estos los valores de media aritmética se encuentra muy por debajo de estos límites, ya que el límite para la banda de frecuencias de 10Mhz-400MHz presenta un valor de 28 V/m y el límite para banda de 2GHz-300GHz presenta un valor de 61 V/m.

Al comparar el cálculo, tanto de la media aritmética, así como, de la media cuadrática se puede notar como los valores extremos o valores atípicos obtenidos en las mediciones afectan de forma considerable mientras que la media cuadrática no se deja afectar por estos valores debido a la media cuadrática permite determinar el valor eficaz promedio de un conjunto de datos.

3.2.4.5 Resultados la Desviación Estándar

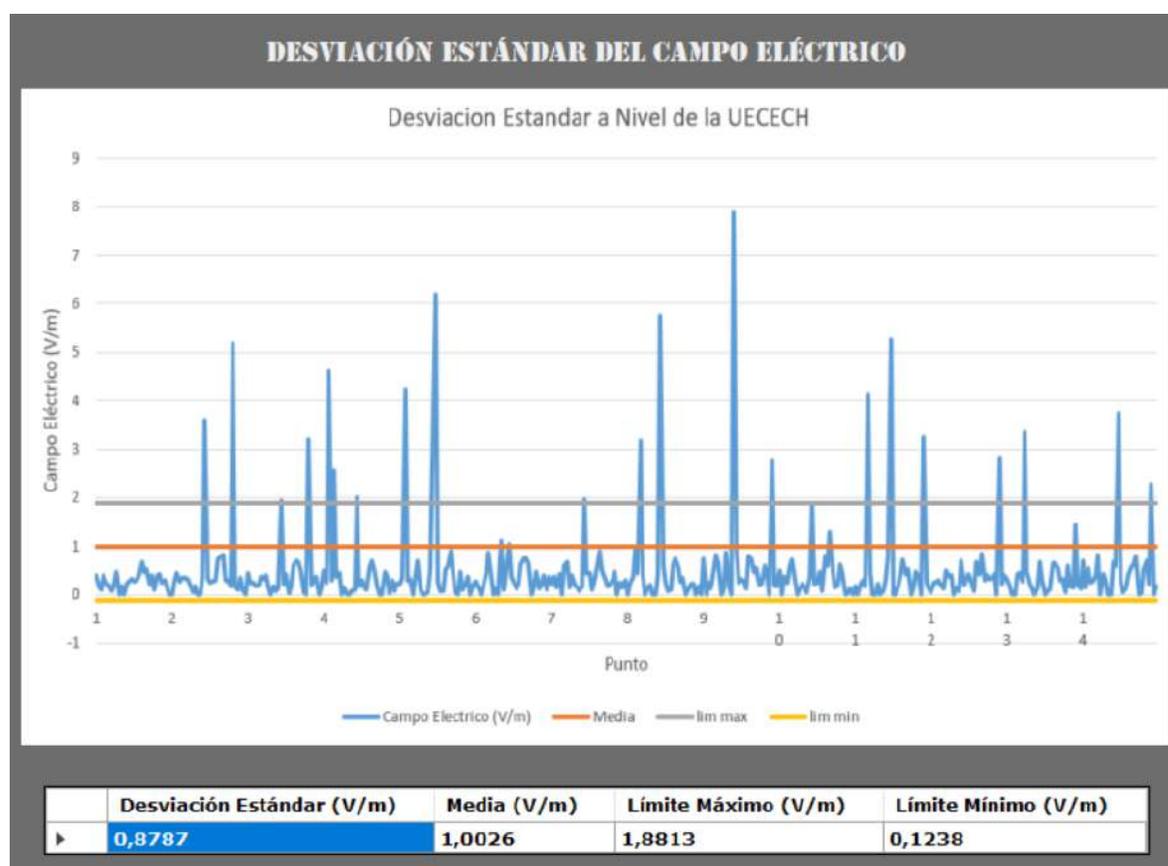


Gráfico 83-3: Desviación Estándar a nivel de UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Gráfico 83-3, presenta el comportamiento de desviación estándar en el total de 30 nodos de la UECECH para 14 puntos distribuidos en Thelonious, con un valor de desviación estándar de 0,8787 V/m y un promedio de 1,0026 V/m se obtuvo el límite máximo de desviación que presenta un valor 1,8813 V/m y el límite mínimo de desviación estándar que presenta un valor de 0,1238 V/m, siendo en este rango de valores donde encontramos los valores típicos de nuestro estudio, es decir los valores que se presentaron con mayor normalidad en las diferentes condiciones de medición, los valores que se presentan fuera de estos rangos son considerados valores poco comunes en el proceso de medición debido a un posible uso intensivo de los servicios de telecomunicación al momento de realizar la medición o factores climáticos.

3.2.4.6 Resultados de los Percentiles

Para analizar los percentiles se agrupo un total de 30 muestras para cada uno de los 14 puntos distribuidos en Thelonious, también se estimó el rango percentil para cada uno de estos puntos como se muestra a continuación:

Punto 1

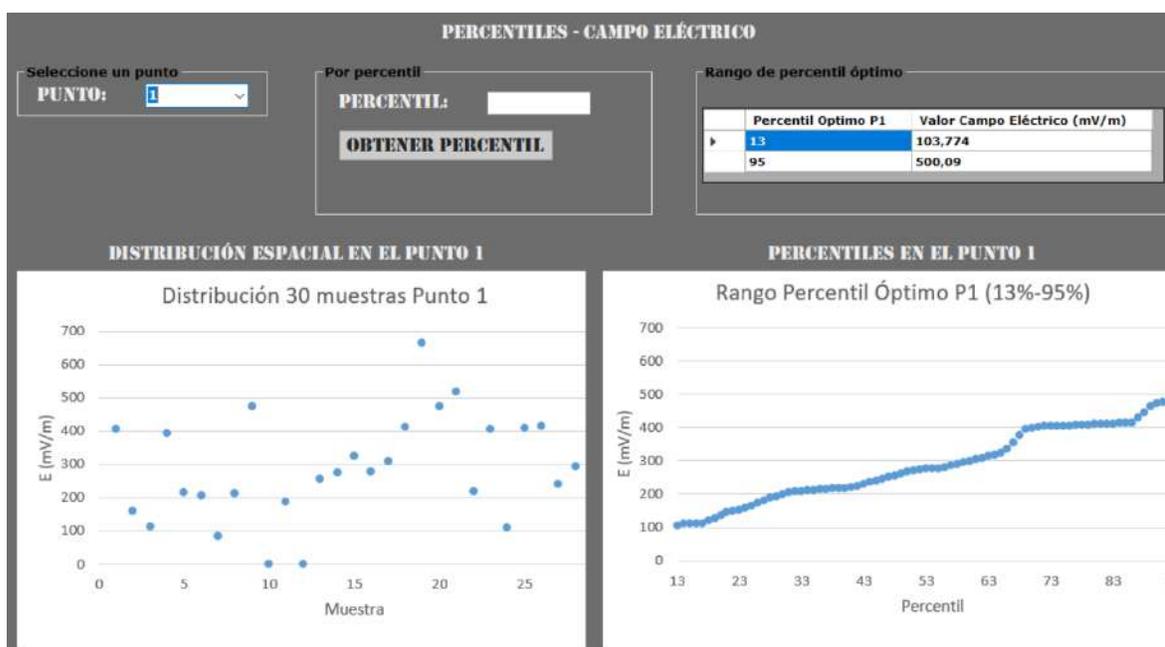


Gráfico 84-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Grafico 84-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 1 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 1 (13%-95%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 1.

Punto 2

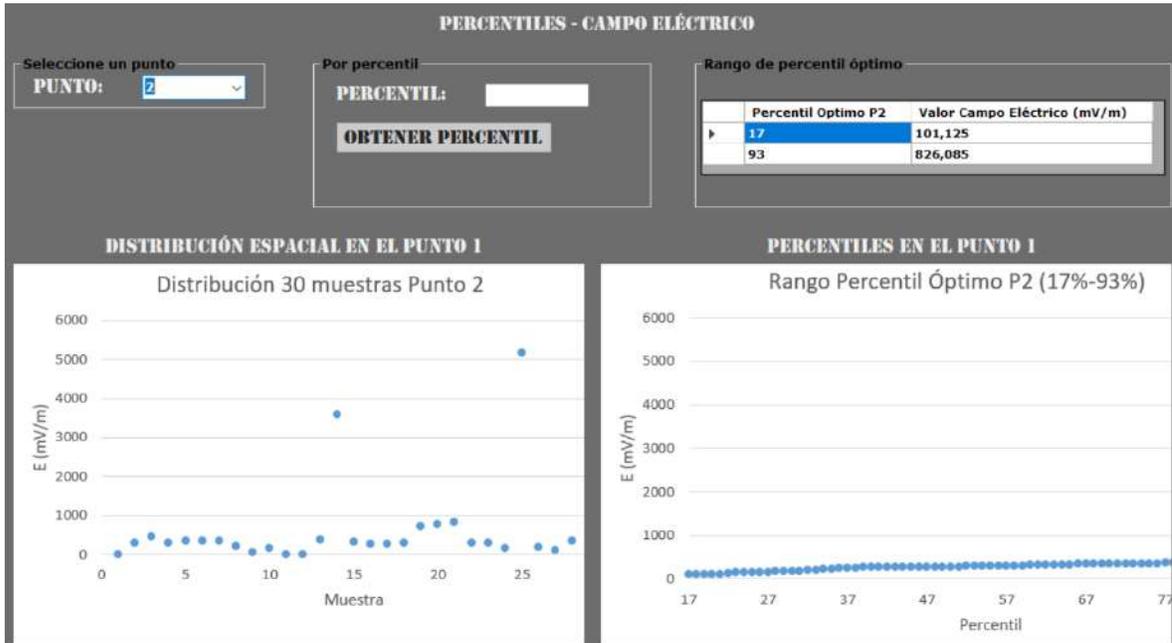


Gráfico 85-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Grafico 85-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 2 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 2 (17%-93%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 2.

Punto 3

El Grafico 86-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 3 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 3 (19%-92%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 3.

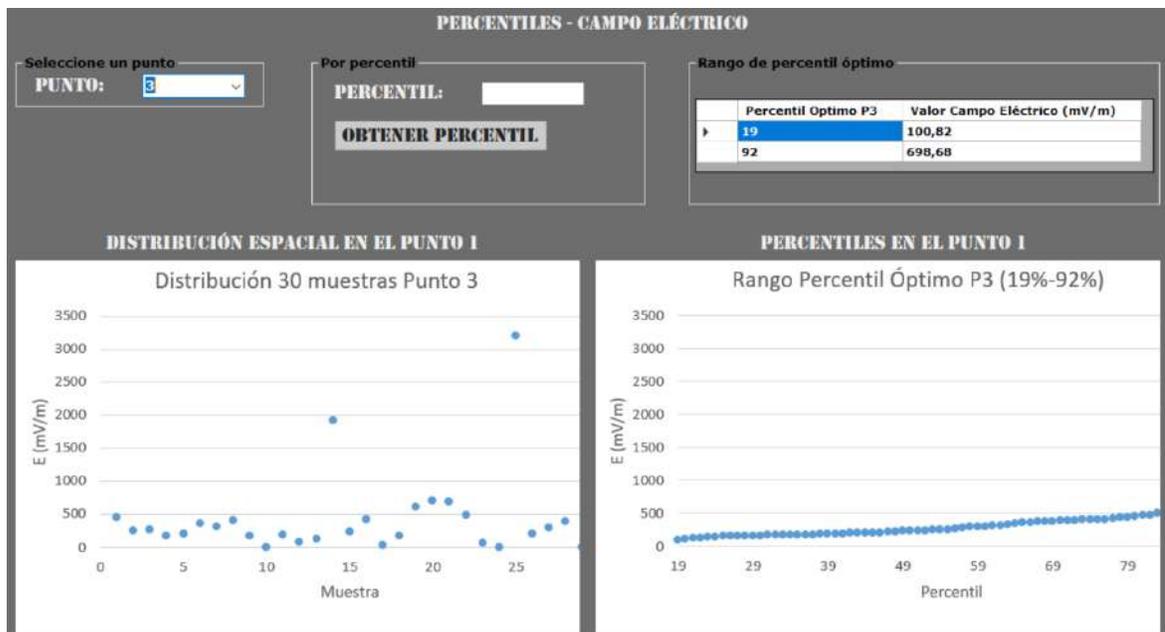


Gráfico 86-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Punto 4

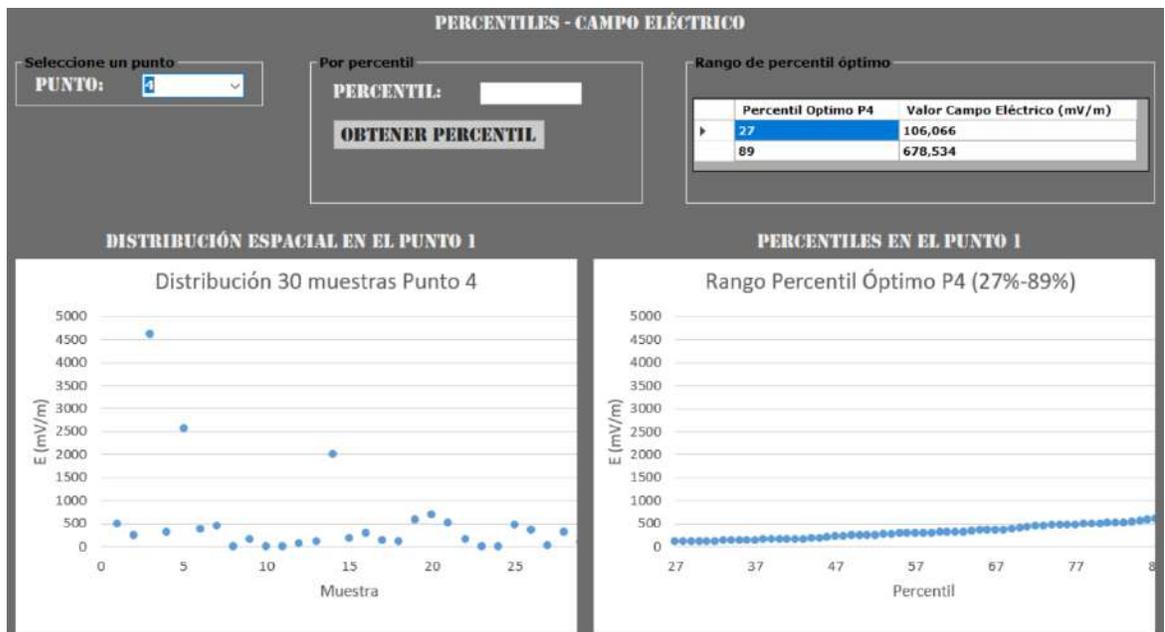


Gráfico 87-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Grafico 87-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 4 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 4 (27%-89%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 4.

Punto 5

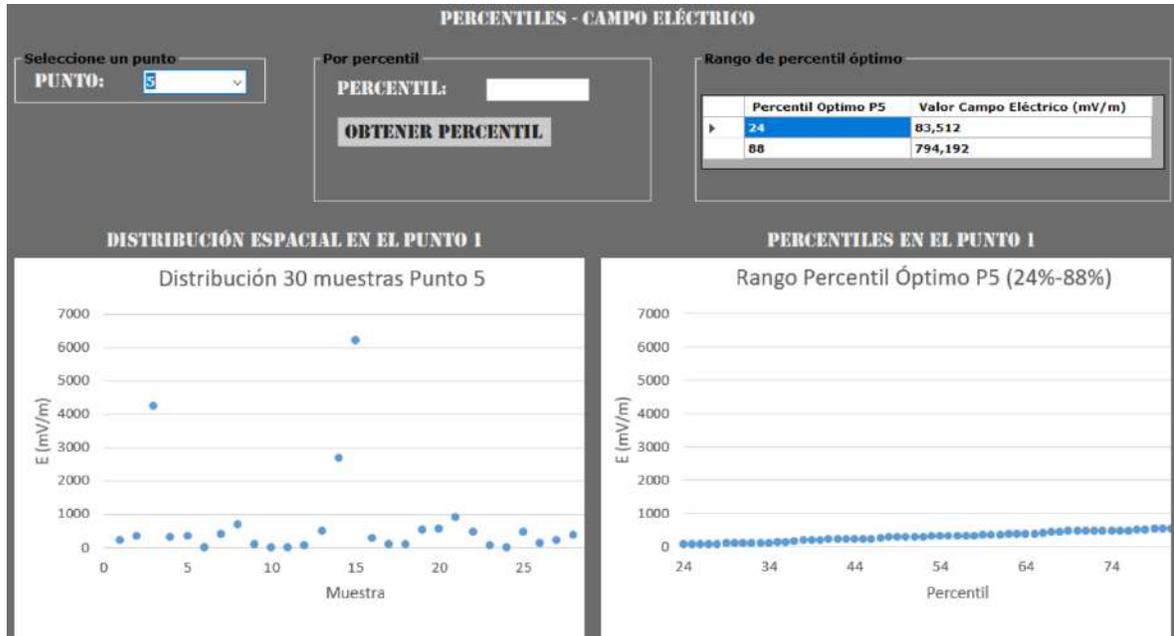


Grafico 88-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Grafico 88-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 5 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 5 (24%-88%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 5.

Punto 6

El Grafico 89-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 6 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 6 (15%-91%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 6.

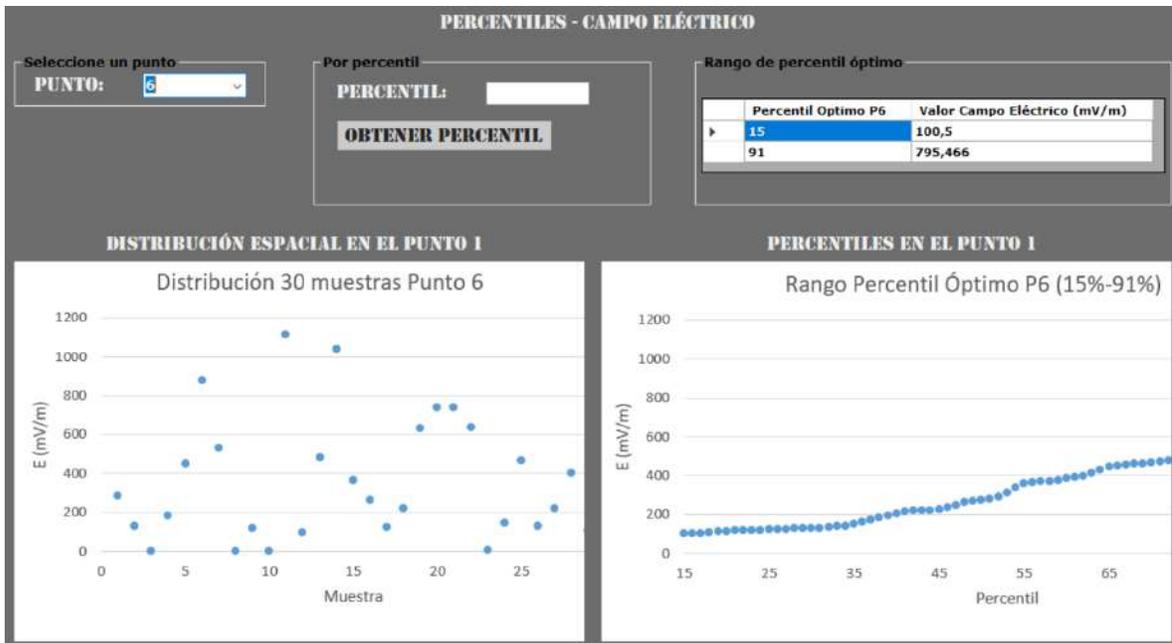


Gráfico 89-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Punto 7

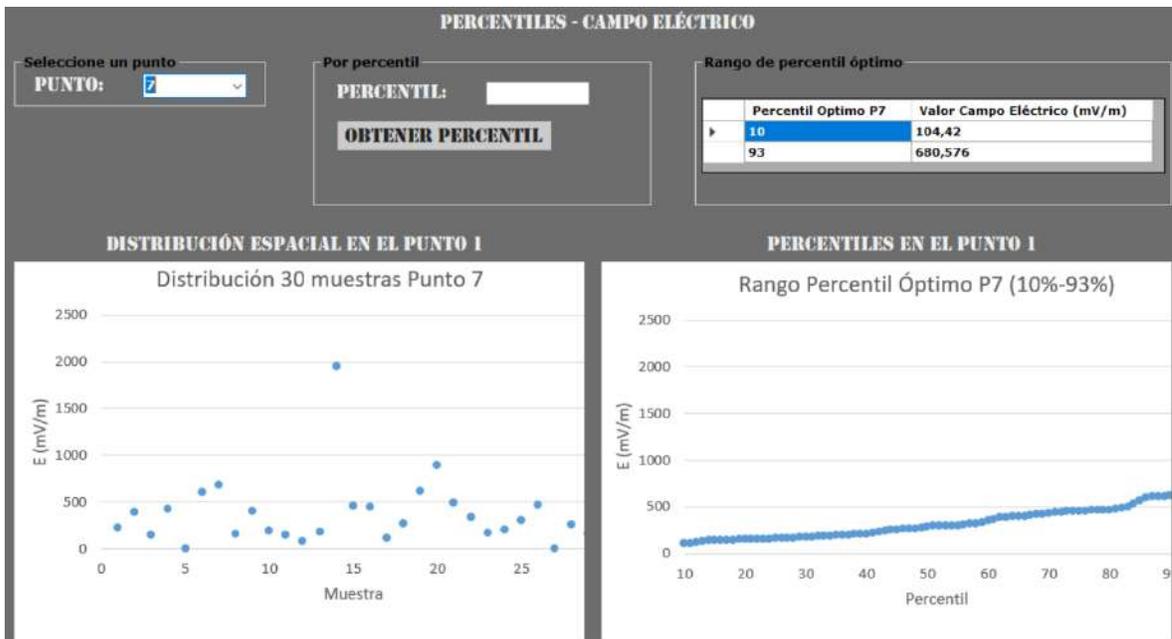


Gráfico 90-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Grafico 90-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 7 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 7 (10%-93%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 7.

Punto 8

El Grafico 91-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 8 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 8 (27%-88%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 8.

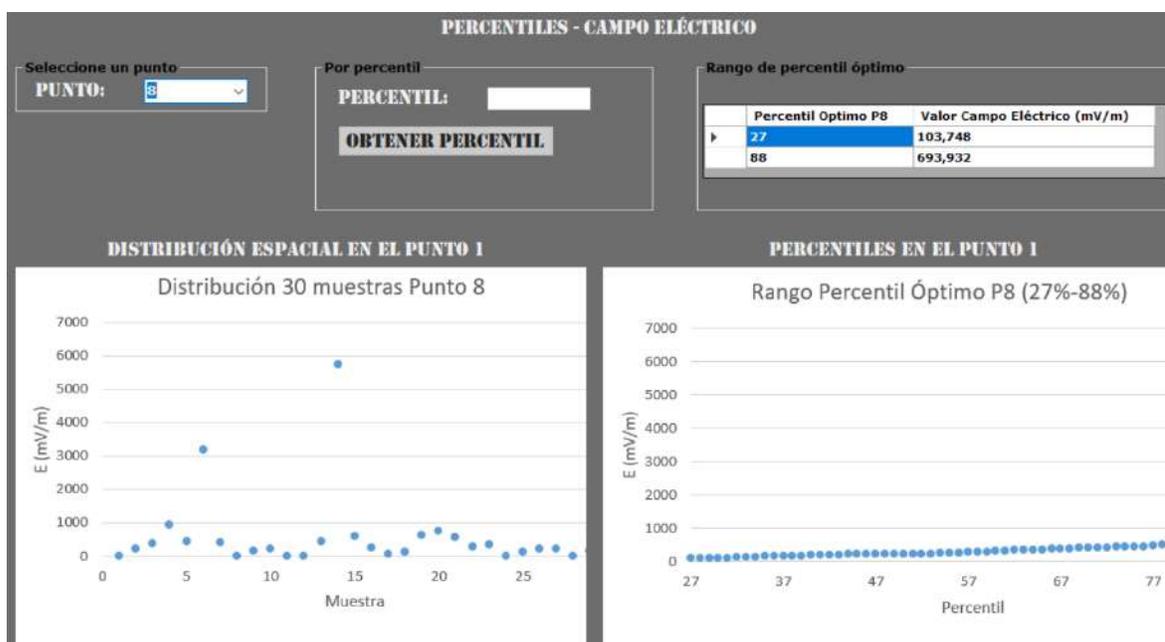


Gráfico 91-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Punto 9

El Grafico 92-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 9 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 9 (14%-93%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 9.

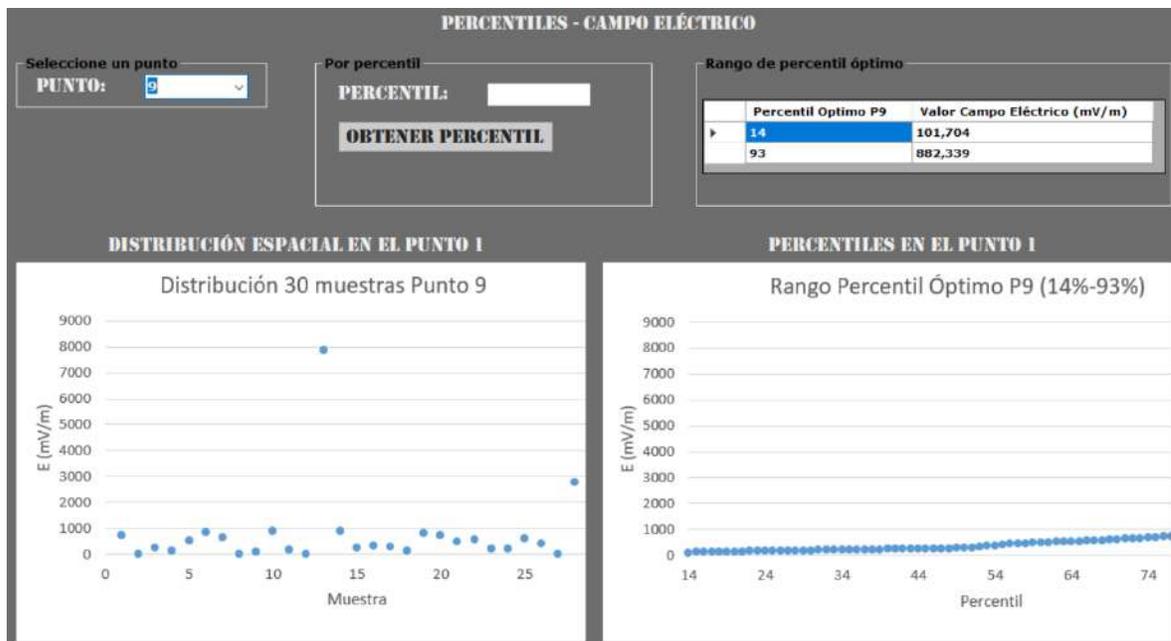


Gráfico 92-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Punto 10

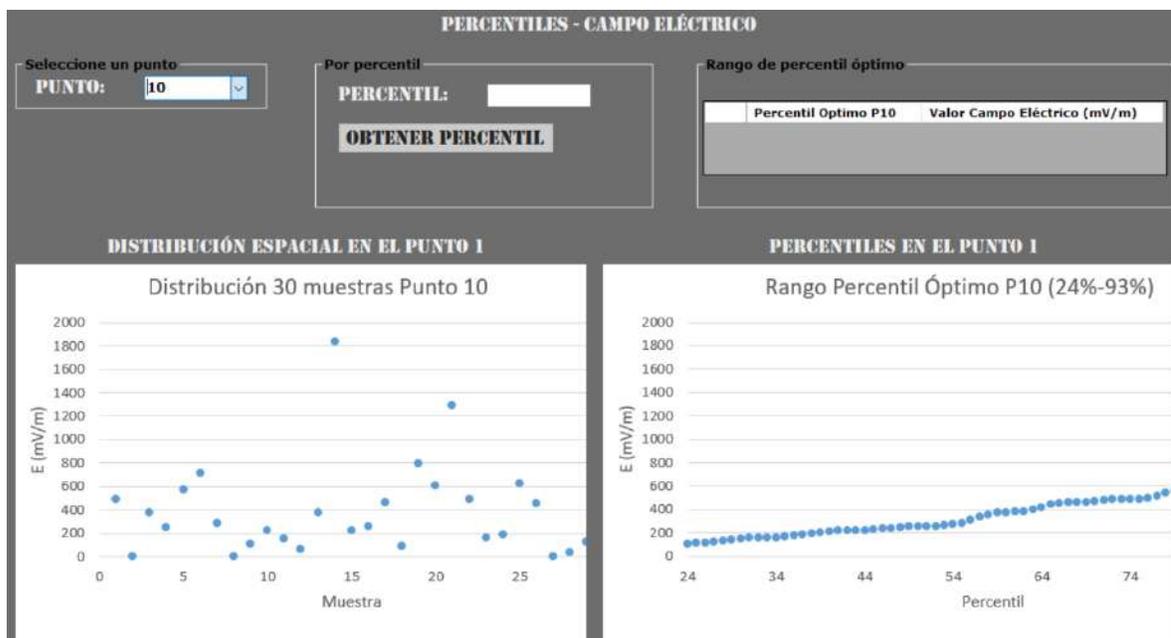


Gráfico 93-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Grafico 93-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 10 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 10 (24%-93%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 10.

Punto 11

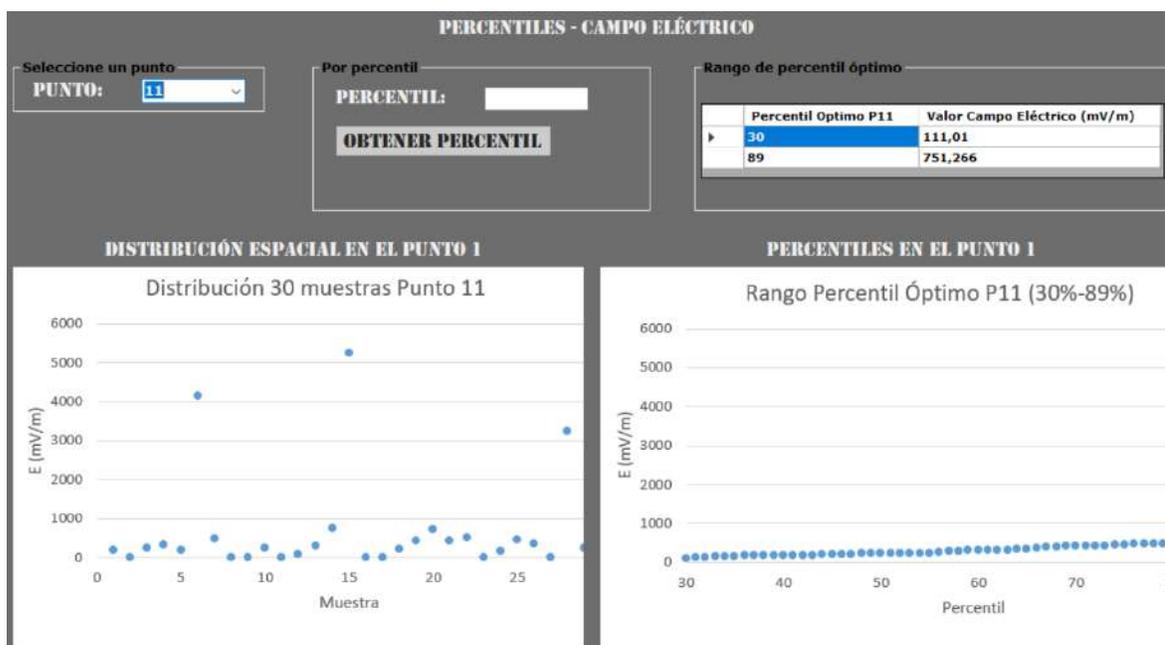


Gráfico 94-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Grafico 94-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 11 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 11 (30%-89%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 11.

Punto 12

El Grafico 95-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 12 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 12 (16%-93%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 12.

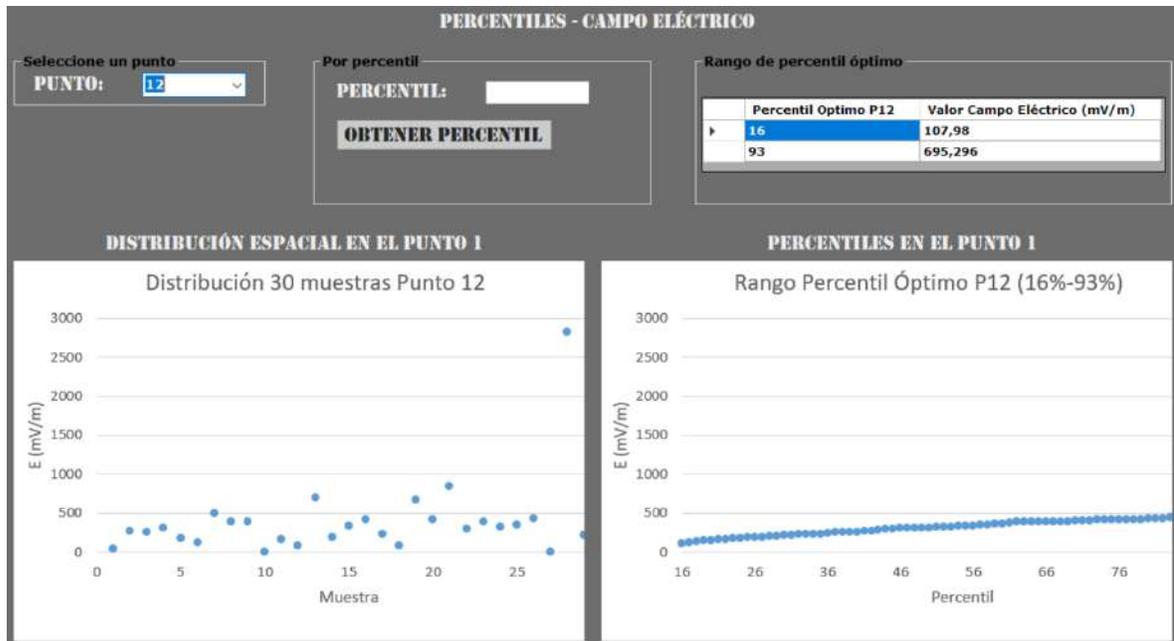


Gráfico 95-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

Punto 13

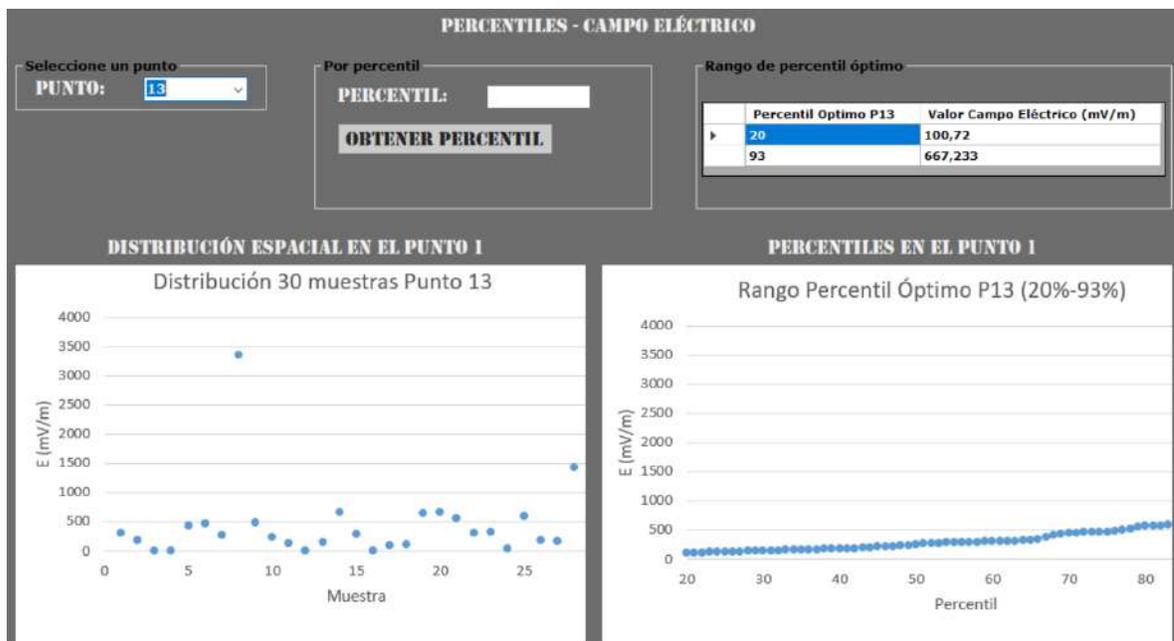


Gráfico 96-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Grafico 96-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 13 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 13 (20%-93%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 13.

Punto 14

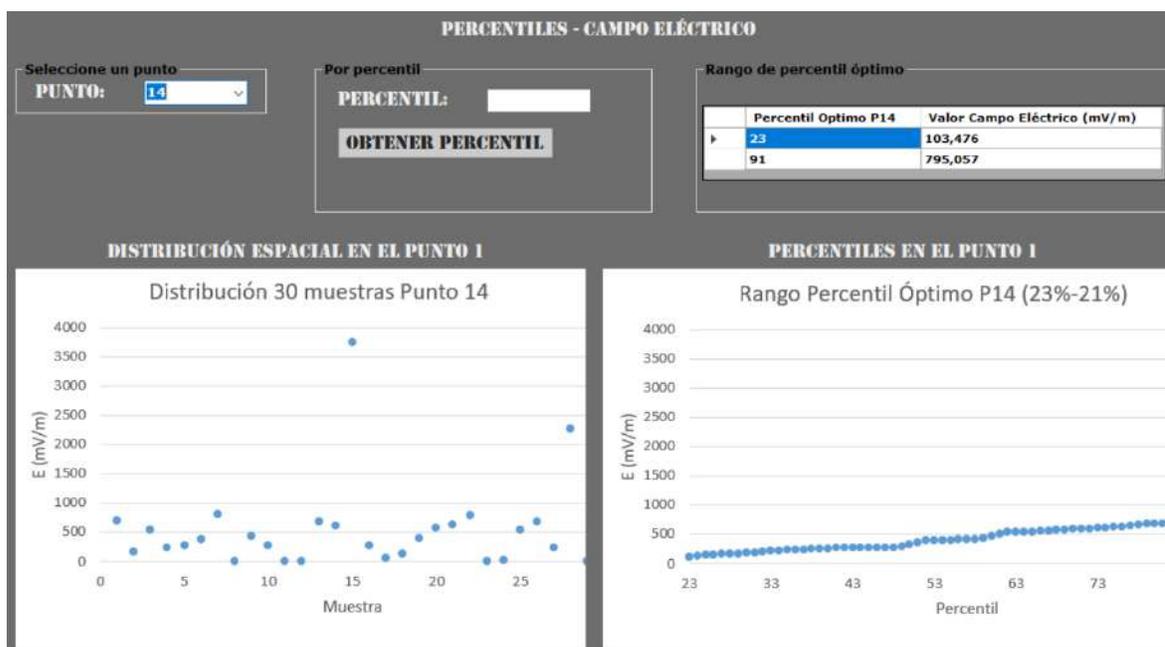


Gráfico 97-3: Datos totales en UECECH

Realizado por: Dennis Guamán, 2018

El Grafico 97-3, muestra la distribución de 30 muestras para el punto 14 y como a partir del uso de percentiles se estima el rango percentil óptimo para el Punto 14 (23%-91%), a partir de esta estimación se eliminan valores atípicos presentes en las mediciones del Punto 14.

CONCLUSIONES

1. De la evaluación realizada en la UECECH durante 10 días laborables los valores promedios de campo eléctrico más altos se encuentran localizados en el punto 9 mientras que los valores promedios más bajos se encuentran en el punto 1.
2. Con ayuda de la distribución realizada sobre el modelo CAD de Thelonious podemos determinar que el punto más sensible o de mayor preocupación es el P1 estando ubicado este a nivel de la cabeza, y se ha determinado que el nodo que presenta mayor intensidad de campo eléctrico en este punto es el nodo 19 localizado en segundo piso de la UECECH.
3. Después de determinar los valores máximos en las diferentes aulas y patios de las instalaciones de la UECECH se concluye que ningún valor de campo eléctrico, magnético o densidad de potencia supera los límites nacionales (ARCOTEL) e internacionales (IUT, ICNIRP) vigentes en la república del Ecuador.
4. Una vez terminado el análisis de entre los valores de las normativas vigentes y los valores obtenidos, se visualiza el cumplimiento de las limitaciones de las normas nacionales(ARCOTEL) e internacionales(ICNIRP) vigentes.
5. Al analizar la desviación estándar de la intensidad de campo eléctrico para los 14 puntos en Thelonious, se observa que, los valores que sobrepasan el límite máximo de desviación estándar son aquellos valores que sobrepasan en valor de 1,8813 V/m mientras que los valores que están por debajo del valor mínimo 0,1238 V/m, son los valores atípicos que se presentaron en las mediciones.
6. Al usar la medida estadística del percentil, se ha evaluado los rangos percentiles de cada una de las 30 muestras agrupadas en 14 puntos con esto se ha estimado que el rango percentil óptimo para estos puntos mismo que varía entre el percentil 10 y percentil 95, de este modo se ha logrado discriminar valores atípicos poco comunes obtenidos durante las mediciones.

RECOMENDACIONES

1. Reiniciar previamente la memoria de equipo TENMARS TM-196 para evitar así que los datos ya medidos se mezclen con los datos nuevos en cada medición diaria.
2. Siempre realizar las mediciones de acuerdo a las recomendaciones implantadas por las normativas para adecuada ejecución de las mediciones de campo electromagnético.
3. Mantener una distancia mínima de 20cm de cualquier persona o equipo con el equipo de medición mediciones con el fin de evitar interferencias en las mediciones.
4. Se recomienda el uso de corriente continua o el cambio constantes de batería después de 3h consecutivas para evitar la pérdida de datos, al igual que una capacitación previa a los estudiantes y profesores de la UECECH para evitar contactos inadecuados con el equipo.
5. Se recomienda revisar el manual de usuario del equipo TENMARS TM-196 para conocer detalladamente el funcionamiento del equipo.
6. Seguir realizando un monitoreo de los campos electromagnéticos debido a el constante crecimiento de los servicios de Telecomunicaciones

BIBLIOGRAFÍA

1. **CARRASCO, D. y FLORES, A.**, *ESTUDIO DE LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS PARA DETERMINAR EL PATRÓN DE RADIACIONES DE UNA ANTENA GENÉRICA Y SU COMPORTAMIENTO DE RADIACIÓN*, 2017. [en línea]. ESPOCH. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7517/1/98T00158.pdf>.
2. **FRENZEL, L.**, What's The Difference Between EM Near Field And Far Field? *Electronic Design*, , 2012 [en línea], Disponible en: <http://www.electronicdesign.com/energy/what-s-difference-between-em-near-field-and-far-field#2>.
3. **HUILCA, J.**, *Mapeo electromagnético en un sector de Riobamba en la banda de frecuencia de 944 MHz a 951 MHz, utilizando la familia virtual, el quipo narda SRM-300 y una tesis de grado*, 2017. [en línea]. ESPOCH. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7934/1/98T00168.pdf>.
4. **INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.**, Restricciones Básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias hasta 10GHz, pag 26, [en línea]. [Consulta: 19 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdlesp.pdf>.
5. **IT IS FOUNDATION**, Enhanced Virtual Family Models: Ella, Duke, Billie, Thelonious » IT'IS Foundation. [en línea]. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.itis.ethz.ch/news-events/news/virtual-population/enhanced-virtual-family-models-ella-duke-billie-thelonious/>.
6. **ITU**, Recommendation K.52, Guidance on Complying with Limits for Human Exposure to Electromagnetic Fields, 2018. [en línea], Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.52/en>.
7. **ARCOTEL**. Arcotel Ecuador. [en línea]. [Consulta: 13 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/la-arcotel/>.
8. **MINISTERIO DE SANIDAD, S.S. e I. y DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD PÚBLICA, C. e I.**, COMUNICANDO LOS RIESGOS DE LA RADIACIÓN EN RADIODIAGNÓSTICO PEDIÁTRICO, 2016. [en línea], [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en:

<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272341/9789241510349-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

9. **PASCUAL, A., GADEA, E., C.**, NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección. [en línea], [Consulta: 19 mayo 2018]. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_614.pdf.
10. **PLAZA, R.O.** Artículo PRONTUARIO DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA. [en línea], [Consulta: 19 mayo 2018]. Disponible en: http://www.eeza.csic.es/Documentos/Publicaciones/RadiacionElectromagnetica_Esceptico24.pdf.
11. **SKVARCA, J. y AGUIRRE, A.**, Normas y estándares aplicables a los campos electromagnéticos de radiofrecuencias en América Latina: guía para los límites de exposición y los protocolos de medición. *Revista Panamericana de Salud Pública* [en línea], 2006, vol. 20, no. 2-3, pp. 205-212. [Consulta: 13 marzo 2018]. ISSN 1020-4989. DOI 10.1590/S1020-49892006000800017. Disponible en: http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892006000800017&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
12. **TENMARs RF three-Axis Field Strength Meter**. [en línea], [Consulta: 4 junio 2018]. Disponible en: http://www.malaysiameasurement.com/TM_196_Manual.pdf.
13. **TOMASI, W.**, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: Pearson Educación. ISBN 970-26-0316-1, 2003.
14. **UREÑA, Á.G.**, Onda electromagnética polarizada plana, [en línea], 2009. [Consulta: 4 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/descubrimiento-de-las-ondas-de-radio-la-confirmacion-de-la-teoria-electromagnetica-10186>.