

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



---

“ESTIMACIÓN DE LA MEJORA DEL NIVEL DE SEÑAL DE LA RED  
WIFI\_UPAO AL AMPLIAR Y REUBICAR PUNTOS DE ACCESO EN EL  
INTERIOR DEL PABELLÓN G - FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA  
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO”

---

**TESIS DE GRADO PARA OPTAR POR EL**  
**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**  
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ANTENAS Y PROPAGACIÓN**

**AUTORES :**

Br. Edin David Alva Pantoja  
Br. Augusto Humberto Requejo Amaya.

**ASESOR :**

Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

**Trujillo - Perú**

**2017**

**“ESTIMACIÓN DE LA MEJORA DEL NIVEL DE SEÑAL DE LA  
RED WIFI\_UPAO AL AMPLIAR Y REUBICAR PUNTOS DE  
ACCESO EN EL INTERIOR DEL PABELLÓN G - FACULTAD DE  
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR  
ORREGO”**

Elaborado Por:

---

Br. Edin David Alva Pantoja

---

Br. Augusto Humberto Requejo Amaya.

Aprobado por :

---

Ing. OVIDIO HILDEBRANDO RAMOS  
ROJAS  
PRESIDENTE  
CIP N° 92622

---

Ing. FILIBERTO MELCHOR AZABACHE  
FERNANDEZ  
SECRETARIO  
CIP N° 97916

---

Ing. SAUL NOE, LINARES VERTIZ  
VOCAL  
CIP N° 142213

---

Ing. EDUARDO CERNA SÁNCHEZ  
ASESOR  
CIP N° 80252



## **PRESENTACION**

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, ponemos a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: “ **ESTIMACIÓN DE LA MEJORA DEL NIVEL DE SEÑAL DE LA RED WIFI\_UPAO AL AMPLIAR Y REUBICAR PUNTOS DE ACCESO EN EL INTERIOR DEL PABELLÓN G - FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**”.

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusándonos anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Junio del 2017

Br. Edin David Alva Pantoja

Br. Augusto Humberto Requejo Amaya

## **DEDICATORIAS**

A Dios, que me brinda sabiduría, amor y gracia a través de Cristo.

A, a mis padres, por brindarme su apoyo, fortaleza incondicional y ánimos para salir adelante.

A mi asesor, el Ing. Eduardo Cerna, por brindarme de su experiencia para el desarrollo de esta Tesis.

Edin Alva

A Dios, que me brinda sabiduría, amor y paciencia.

A mis padres, mi hermano y toda mi familia por brindarme su apoyo, fortaleza incondicional y ánimos para salir adelante.

Augusto Requejo

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por habernos dado fuerzas y ganas de seguir superarnos profesionalmente para establecer objetivos, realizar metas y cumplir responsabilidades.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para el desarrollo del Proyecto de Tesis y abrirnos el camino hacia el ámbito laboral.

A todos nuestros profesores universitarios de ingeniería electrónica, por brindarnos conocimientos en cada una de las materias tomadas para el desarrollo profesional.

A nuestros padres por enseñarnos que la mejor herencia es la educación, por sus consejos, valores, motivación y amor.

A nuestro asesor de tesis, el Ingeniero Eduardo Cerna Sánchez, por su confianza y apoyo en el transcurso de toda la investigación.

A todos Gracias

## **RESUMEN**

La presente investigación se centra en la estimación de la mejora del nivel de señal de la red WIFI\_UPAO del pabellón G- Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, al ampliar y reubicar los puntos de acceso en el interior de este. Primero, se aborda la problemática actual de la red inalámbrica WIFI\_UPAO, y se presenta los resultados de los niveles de señal obtenidos en un Drive Test. Con los resultados obtenidos en el Drive Test, se ha procedido a simular el nivel de señal de cada piso del pabellón utilizando el software Ekahau. Luego, se tomó 970 puntos de muestra de la simulación y se categorizaron en “Muy buenos”, “Buenos”, “Malos” y “Nulos”, de acuerdo a la potencia mostrada por el software. Posteriormente, se propuso la mejora del nivel de señal recibido aumentando y reubicando el número de puntos de acceso de acuerdo a criterios de diseño de redes. Finalmente, comparó la nueva potencia de los puntos de muestra con los puntos antes de la mejora, obteniéndose como resultado 823 puntos “Muy buenos” y solamente 18 puntos “Nulos”, aumentando la potencia media de -65 dBm a -56.9 dBm.

## **ABSTRACT**

The present thesis focuses on the estimation of the signal level improvement of the WIFI\_UPAO network inside the G Building - Faculty of Engineering of the Antenor Orrego Private University, by adding and relocating access points inside this building. In the first chapter the current problems of the WIFI\_UPAO wireless network are addressed, and the actual signal levels obtained by a Drive Test are presented. With this results, it has proceeded to simulate the signal level of each floor of the building using the Ekahau Software. Then, 970 sample points of the simulation were taken and categorized into "Very Good", "Good", "Bad" and "Null", according to the signal levels shown by the software. Subsequently, the improvement of the signal levels is presented by adding and relocating access points by network design criteria. Finally, it has been compared the new signal levels in each point with the ones before the improvement, resulting in 823 "Very Good" points and only 18 "Null" points, increasing the average power from -65 dBm to -56.9 dBm.

## ÍNDICE GENERAL

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>I.</b>  | <b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>                | <b>1</b>  |
| 1.1.       | <b>EL PROBLEMA.....</b>                               | <b>2</b>  |
| 1.1.1.     | <i>Características de la realidad.....</i>            | <i>2</i>  |
| 1.1.2.     | <i>Análisis de las características.....</i>           | <i>3</i>  |
| 1.1.3.     | <i>Planteamiento del Problema.....</i>                | <i>11</i> |
| 1.1.4.     | <i>Formulación del Problema .....</i>                 | <i>11</i> |
| 1.1.5.     | <i>Alcance .....</i>                                  | <i>11</i> |
| 1.1.6.     | <i>Justificación .....</i>                            | <i>11</i> |
| 1.1.7.     | <i>Aportes .....</i>                                  | <i>12</i> |
| 1.2.       | <b>HIPÓTESIS.....</b>                                 | <b>12</b> |
| 1.2.1.     | <i>Hipótesis General .....</i>                        | <i>12</i> |
| 1.3.       | <b>OBJETIVOS .....</b>                                | <b>13</b> |
| 1.3.1.     | <i>Objetivo General.....</i>                          | <i>13</i> |
| 1.3.2.     | <i>Objetivos Específicos .....</i>                    | <i>13</i> |
| <b>II.</b> | <b>MARCO TEÓRICO .....</b>                            | <b>14</b> |
| 2.1.       | <b>CARACTERÍSTICAS DE UNA SEÑAL INALÁMBRICA .....</b> | <b>15</b> |
| 2.1.1.     | <i>Espectro Radioeléctrico .....</i>                  | <i>15</i> |
| 2.1.2.     | <i>Dispersión .....</i>                               | <i>15</i> |
| 2.1.3.     | <i>Penetración .....</i>                              | <i>15</i> |
| 2.1.4.     | <i>Distorsión.....</i>                                | <i>16</i> |
| 2.1.5.     | <i>Absorción .....</i>                                | <i>16</i> |
| 2.1.6.     | <i>Refracción .....</i>                               | <i>17</i> |
| 2.1.7.     | <i>Reflexión .....</i>                                | <i>17</i> |
| 2.1.8.     | <i>Difracción .....</i>                               | <i>18</i> |
| 2.1.9.     | <i>Zonas de Fresnel .....</i>                         | <i>19</i> |
| 2.1.10.    | <i>Frecuencia .....</i>                               | <i>20</i> |
| 2.1.11.    | <i>Potencia .....</i>                                 | <i>20</i> |
| 2.1.12.    | <i>Interferencia .....</i>                            | <i>20</i> |
| 2.1.13.    | <i>Dirección de Propagación .....</i>                 | <i>21</i> |
| 2.1.14.    | <i>Atenuación .....</i>                               | <i>22</i> |
| 2.1.15.    | <i>Ruido .....</i>                                    | <i>22</i> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2.2.REDES INALÁMBRICAS .....</b>                                | <b>22</b> |
| 2.2.1.Red Inalámbrica.....   | 22        |
| 2.2.2.Clasificación de Red Inalámbrica.....                        | 23        |
| 2.2.3.Elementos que integran una Red Inalámbrica.....              | 24        |
| 2.2.4.Topología de Redes inalámbricas .....                        | 27        |
| <b>2.3.ESTÁDARES PARA WLAN.....</b>                                | <b>28</b> |
| <b>2.4.CRITERIOS DE DISEÑO DE REDES .....</b>                      | <b>30</b> |
| 2.4.1.Roaming .....  | 30        |
| 2.4.2.Conceptos generales para implementar Redes Inalámbricas..... | 31        |
| 2.4.3.Asignación de canales.....                                   | 32        |
| 2.4.4.Diseño de una Red Inalámbrica.....                           | 33        |
| <b>2.5.SOFTWARE EKAHAU .....</b>                                   | <b>38</b> |
| <b>III. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS.....</b>                       | <b>40</b> |
| <b>3.1.MATERIALES .....</b>  | <b>41</b> |
| 3.1.1.Población y Muestra .....                                    | 41        |
| 3.1.2.Unidad de Análisis .....                                     | 41        |
| <b>3.2.MÉTODOS .....</b>   | <b>41</b> |
| 3.2.1.Tipo de Investigación .....                                  | 41        |
| 3.2.2.Diseño de la Investigación .....                             | 42        |
| 3.2.3.Variables de Estudio y Operacionalización.....               | 42        |
| 3.2.4.Instrumentos de Recolección de Datos .....                   | 45        |
| 3.2.5.Técnicas y procesamiento de Datos.....                       | 50        |
| <b>IV. RESULTADOS.....</b>   | <b>85</b> |
| <b>4.1.RESULTADOS .....</b>  | <b>86</b> |
| <b>4.2.DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>                           | <b>87</b> |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>  | <b>90</b> |
| <b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>                                     | <b>91</b> |
| <b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>                                  | <b>92</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>93</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                     | <b>96</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1. Estándares IEEE 802.11.....   | 30 |
| Tabla 2.2. Niveles de potencia de Señal .....  | 34 |
| Tabla 2.3. Atenuación de la Señal a través de objetos. ....                                    | 36 |
| Tabla 3.1. Operacionalización de la Variable Independiente.....                                | 43 |
| Tabla 3.2. Operacionalización de la Variable Dependiente. ....                                 | 44 |
| Tabla 3.3. Comparación de niveles de señal según drive test y según simulación,<br>Piso 7..... | 52 |
| Tabla 3.4. Categorización de los puntos de muestra del nivel de señal. ....                    | 52 |
| Tabla 4.1. Resumen del número de puntos de acceso agregados y reubicados .....                 | 89 |
| Tabla 4.2. Prueba T para muestras emparejadas .....  | 89 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |   |
|---|---|
| Figura 1.1. Porcentaje de “¿Ha necesitado una conexión a internet para fines académicos dentro del Pabellón G del Campus UPAO?” .....                                   | 3 |
| Figura 2.2. Porcentaje de “Dispositivo móvil más usado para acceder a internet con fines académicos dentro del Pabellón G – UPAO” .....                                 | 3 |
| Figura 1.3. Percepción de Calidad GSM Claro Lambayeque.....   | 4 |
| Figura 1.4. Porcentaje de “De 10 intentos de conexión a la red inalámbrica WIFI_UPAO en el pabellón G, ¿cuántas veces logró conectarse efectivamente a internet?” ..... | 4 |
| Figura 1.5. Captura de Pantalla, software WirelessMon .....   | 5 |
| Figura 1.6. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red WIFI_UPAO Pab. G - Semi Sótano (Sin auditorio) .....                                       | 6 |
| Figura 1.7. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red WIFI_UPAO Pab. G - Piso 1 .....  | 6 |
| Figura 1.8. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red WIFI_UPAO Pab. G - Piso 2 .....  | 7 |
| Figura 1.9. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red WIFI_UPAO Pab. G - Piso 3 .....  | 7 |
| Figura 1.10. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red WIFI_UPAO Pab. G - Piso 4 .....   | 8 |
| Figura 1.11. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red WIFI_UPAO Pab. G Piso 5.....  | 8 |
| Figura 1.12. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red WIFI_UPAO Pab. G Piso 6.....  | 9 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.13. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red |    |
| WIFI_UPAO Pab. G - Piso 7 .....   | 9  |
| Figura 1.14. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red |    |
| WIFI_UPAO Pab. G – Piso 8.....  | 10 |
| Figura 1.15. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red |    |
| WIFI_UPAO Pab. G - Piso 9 .....   | 10 |
| Figura 2.1. Dispersión de una señal de RF .....                               | 15 |
| Figura 2.2. Absorción de una señal de RF.....                                 | 16 |
| Figura 2.3. Refracción de una señal de RF .....                               | 17 |
| Figura 2.4. Reflexión de una señal de RF.....                                 | 18 |
| Figura 2.5. Difracción de una señal de RF .....                               | 18 |
| Figura 2.6. Obstáculo difractando una señal. ....                             | 19 |
| Figura 2.7. Zona de Fresnel. ....   | 19 |
| Figura 2.8. Interferencia Co-Canal .....                                      | 20 |
| Figura 2.9. Interferencia Canal Adyacente .....                               | 21 |
| Figura 2.10. Red Inalámbrica .....  | 23 |
| Figura 2.11. Clasificación de redes inalámbricas .....                        | 24 |
| Figura 2.12. Punto de Acceso .....  | 25 |
| Figura 2.13. Topología IBSS .....   | 27 |
| Figura 2.14. Topología BSS .....  | 28 |
| Figura 2.15. Muestra equipos para implementar red inalámbrica. ....           | 32 |
| Figura 2.16. Ubicación de Puntos de Acceso. ....                              | 37 |
| Figura 2.17. Captura de pantalla Software Ekha. ....                          | 39 |
| Figura 3.1. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Semi Sótano .....    | 45 |
| Figura 3.2. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Primer Piso .....    | 46 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.3. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Segundo Piso .....   | 46 |
| Figura 3.4. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Tercer Piso .....  | 47 |
| Figura 3.5. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Cuarto Piso .....  | 47 |
| Figura 3.6. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Quinto Piso.....   | 48 |
| Figura 3.7. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Sexto Piso.....  | 48 |
| Figura 3.8. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Séptimo Piso.....  | 49 |
| Figura 3.9. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Octavo Piso .....  | 49 |
| Figura 3.10. Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Noveno Piso. ....   | 50 |
| Figura 3.11. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red<br>WIFI_UPAO Pab. G - Semi Sótano (Sin auditorio) ..... | 53 |
| Figura 3.12. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red<br>WIFI_UPAO Pab. G – Primer Piso.....                  | 54 |
| Figura 3.13. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red<br>WIFI_UPAO Pab. G –Segundo Piso.....                  | 55 |
| Figura 3.14. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red<br>WIFI_UPAO Pab. G –Tercer Piso. ....                  | 56 |
| Figura 3.15. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red<br>WIFI_UPAO Pab. G –Cuarto Piso.....                   | 57 |
| Figura 3.16. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red<br>WIFI_UPAO Pab. G –Quinto Piso.....                   | 58 |
| Figura 3.17. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red<br>WIFI_UPAO Pab. G –Sexto Piso.....                    | 59 |
| Figura 3.18. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red<br>WIFI_UPAO Pab. G –Septimo Piso. ....                 | 60 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.19. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red           |    |
| WIFI_UPAO Pab. G –Octavo Piso. ....   | 61 |
| Figura 3.20. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red           |    |
| WIFI_UPAO Pab. G –Noveno Piso. ....   | 62 |
| Figura 3.21. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Semi Sótano .....   | 64 |
| Figura 3.22. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Primer Piso. ....   | 64 |
| Figura 3.23. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Segundo Piso ...    | 65 |
| Figura 3.24. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Tercer Piso .....   | 65 |
| Figura 3.25. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Cuarto Piso .....   | 66 |
| Figura 3.26. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Quinto Piso. ....   | 66 |
| Figura 3.27. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Sexto Piso. ....    | 67 |
| Figura 3.28. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Séptimo Piso ....   | 67 |
| Figura 3.29. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Octavo Piso .....   | 68 |
| Figura 3.30. Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Noveno Piso .....   | 68 |
| Figura 3.31. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el |    |
| Semi Sótano del Pabellón G. ....  | 69 |
| Figura 3.32. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el |    |
| Primer Piso del Pabellón G. ....  | 71 |
| Figura 3.33. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el |    |
| Segundo Piso del Pabellón G. ....   | 72 |
| Figura 3.34. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el |    |
| Tercer Piso del Pabellón G. ....  | 74 |
| Figura 3.35. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el |    |
| Cuarto Piso del Pabellón G. ....  | 75 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.36. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Quinto Piso del Pabellón G. ....  | 77 |
| Figura 3.37. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Sexto Piso del Pabellón G.. ....  | 78 |
| Figura 3.38. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Séptimo Piso del Pabellón G. .... | 80 |
| Figura 3.39. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Octavo Piso del Pabellón G. ....  | 81 |
| Figura 3.40. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Noveno Piso del Pabellón G. ....  | 83 |

# **CAPÍTULO I**

## **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 EL PROBLEMA**

La Universidad Privada Antenor Orrego, según su página institucional fundada el año 1988 por ley N° 2487, ha ido creciendo en calidad académica, alumnado e infraestructura, siendo una de las mejores universidades en el norte del país<sup>1</sup>.

Como toda institución educativa, ha tenido que ir creciendo de la mano de la tecnología. Este crecimiento se ve expresado en el uso de internet, por ejemplo, podemos ver la frecuencia del uso de internet en el ámbito educativo en datos estadísticos dados por el INEI, donde, a través de una encuesta realizada a personas con educación superior universitaria en los años 2011 al 2015, utilizan Internet un 79.9%, 83.3%, 84.2%, 84.9% y 85.9% respectivamente.

Según la entrevista realizada al Ing. Christian Obregón, coordinador del DSII de la UPAO, menciona que la red inalámbrica de la universidad se implantó en el año 2011, con capacidad para 15 mil usuarios, no obstante, con el aumento de alumnado e infraestructura, la UPAO, se ha visto con la necesidad de un crecimiento en la red y en su cobertura.

Este es el caso del Pabellón G, que tiene implementada una red inalámbrica, la cual cuenta con deficiencias en cobertura, que limita y hasta impide una conexión estable a internet, necesaria especialmente para los alumnos de esta facultad.

### **1.1.1 Características de la Realidad**

- a. Necesidad de servicios de Internet WIFI en los usuarios del pabellón G.
- b. Disconformidad de la población estudiantil, con la red inalámbrica WIFI\_UPAO en el pabellón G.
- c. Deficiencia en conexión a la red WIFI\_UPAO en el pabellón G.
- d. Niveles deficientes de Señal WIFI\_UPAO en el pabellón G.

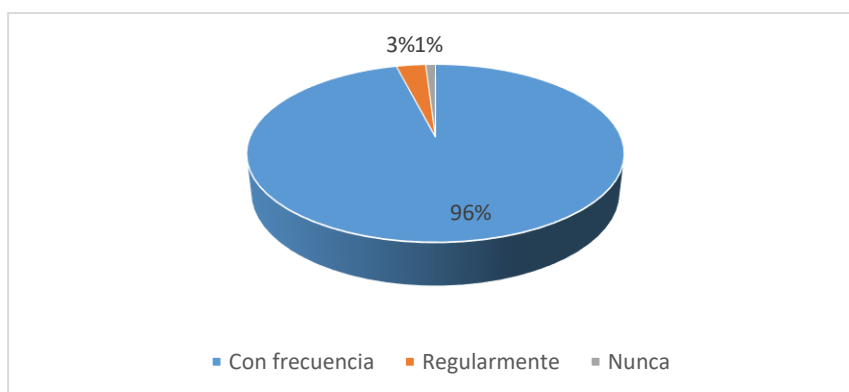
---

<sup>1</sup> Reseña Histórica de la UPAO, disponible en [http://www.upao.edu.pe/institucion/?mod=mod\\_ins&task=249](http://www.upao.edu.pe/institucion/?mod=mod_ins&task=249)

### 1.1.2 Análisis de las Características

#### a. Necesidad de servicios de Internet WIFI en los usuarios del pabellón G.

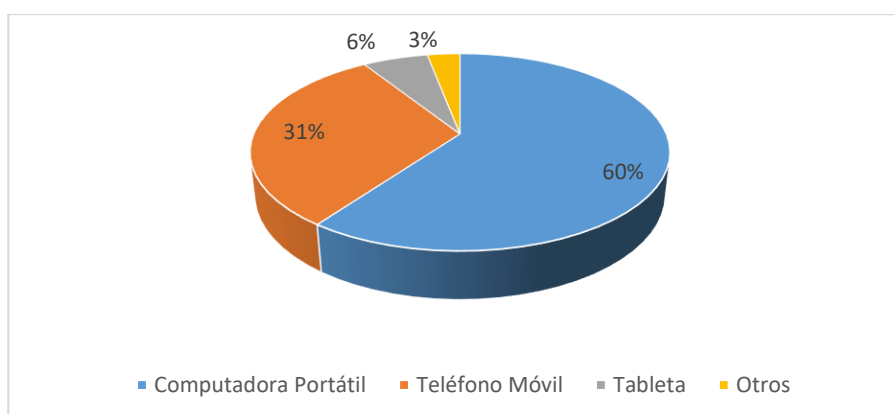
De acuerdo con la encuesta realizada a 100 estudiantes de la Facultad de ingeniería del Pabellón G, podemos ver que el 96% necesita servicios de internet para realizar alguna actividad académica.



*Figura 1.1.* Porcentaje de “¿Ha necesitado una conexión a internet para fines académicos dentro del Pabellón G del Campus UPAO?”

Fuente: Encuesta de opinión aplicada a la población estudiantil del Pabellón G del campus UPAO. (Enero 2016)

Así mismo, el dispositivo más utilizado para estos fines es la computadora portátil con un 60% a diferencia del teléfono móvil 31%, tableta 6%, otros 3%.



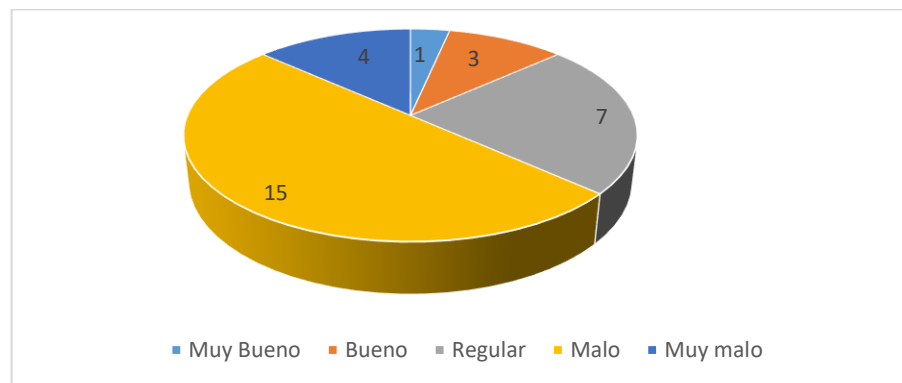
*Figura 1.2.* Porcentaje de “Dispositivo móvil más usado para acceder a internet con fines académicos dentro del Pabellón G – UPAO”

Fuente: Encuesta de opinión aplicada a la población estudiantil del Pabellón G del campus UPAO. (Enero 2016)



**b. Disconformidad de la población estudiantil, con la red inalámbrica WIFI\_UPAO en el pabellón G.**

Podemos ver la disconformidad de la población estudiantil con la red inalámbrica del pabellón G a través de la encuesta realizada en la que más del 50% de estudiantes la califica como “Mala”

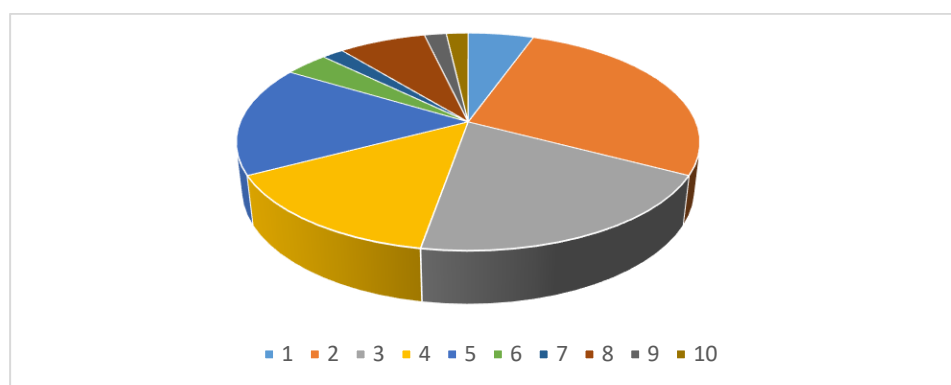


*Figura 1.3.* Porcentaje de “¿Cómo calificaría el servicio de Internet de la red inalámbrica WIFI\_UPAO? dentro del Pabellón G – UPAO”

Fuente: Encuesta de opinión aplicada a la población estudiantil del Pabellón G del campus UPAO. (Enero 2016)

**c. Deficiencia en conexión a la red WIFI\_UPAO en el pabellón G.**

Así mismo, los usuarios de la red WIFI\_UPAO del pabellón G, muestran problemas de conexión a la red, en una frecuencia de 3 conexiones satisfactorias cada 10 intentos.



*Figura 1.4.* Porcentaje de “De 10 intentos de conexión a la red inalámbrica WIFI\_UPAO en el pabellón G, ¿cuántas veces logró conectarse efectivamente a internet?”

Fuente: Encuesta de opinión aplicada a la población estudiantil del Pabellón G del campus UPAO. (Enero 2016)

Estos problemas de conexión se originan por diferentes motivos, uno de ellos, siendo la cobertura, se estudiará en la presente tesis.

#### d. Niveles deficientes de Señal WIFI\_UPAO en el pabellón G

El problema de cobertura de la red WIFI\_UPAO en el pabellón G, se puede apreciar según el Drive Test realizado el mes de enero del año 2016, de los niveles de señal en diversos puntos del pabellón.

Se utilizó una computadora portátil Lenovo Z470 con una tarjeta de red inalámbrica Intel(R) WiFi Link 1000 BGN<sup>2</sup>, para medir los niveles de señal a través del software de análisis de redes WirelessMon.

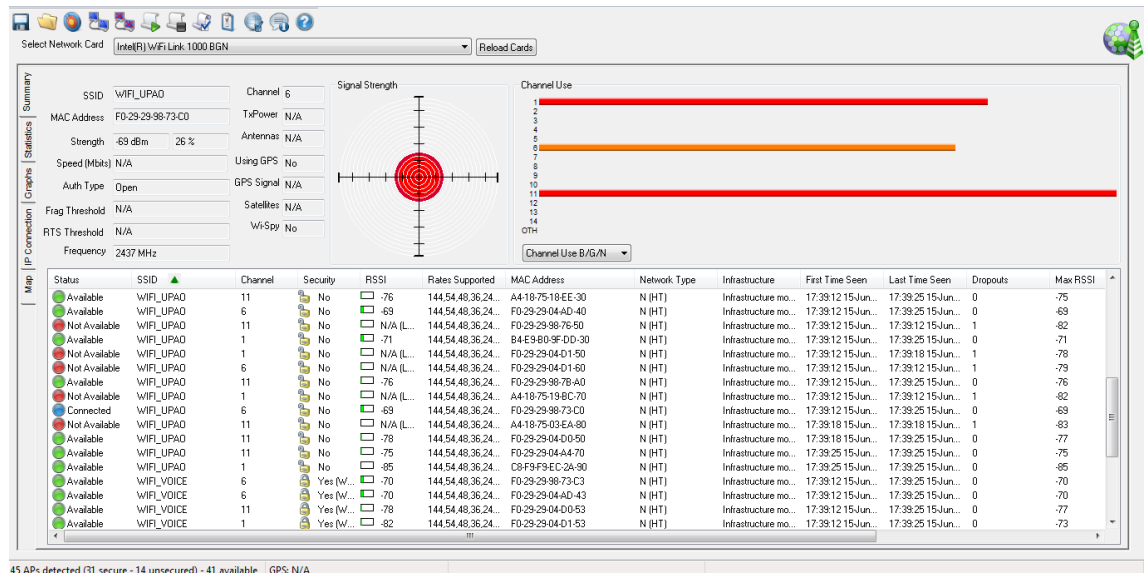


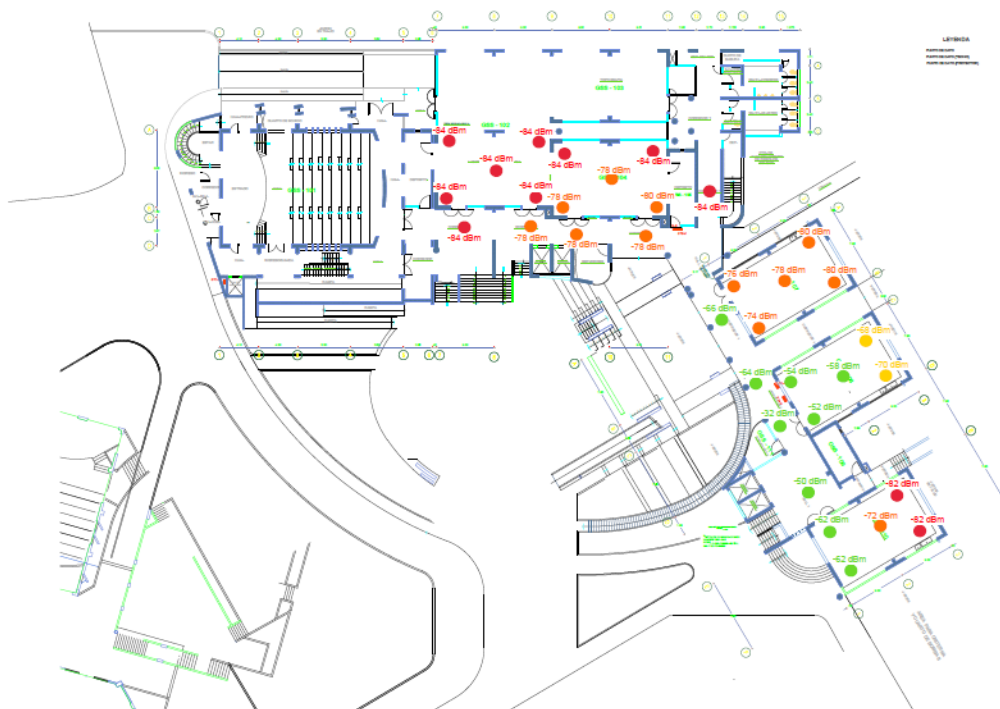
Figura 1.5. Captura de Pantalla, software WirelessMon

Fuente: Elaboración propia

El Drive Test, que tiene un promedio de 50 puntos por cada piso, se utilizó para calibrar los puntos de acceso de la red simulada en el programa Ekshau, para así, tener una representación fiel de la cobertura de la red WIFI\_UPAO en el pabellón G.

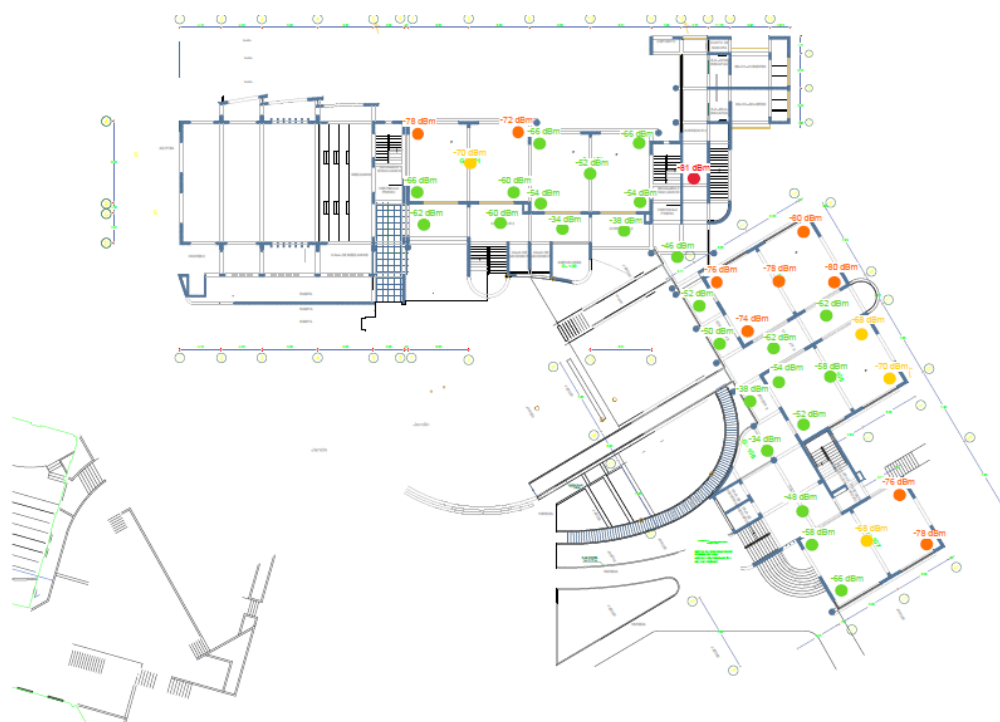
Podemos ver a continuación, la distribución de las muestras del nivel de señal en cada piso.

<sup>2</sup> Para la toma de datos, sólo se utilizó en el estándar g.



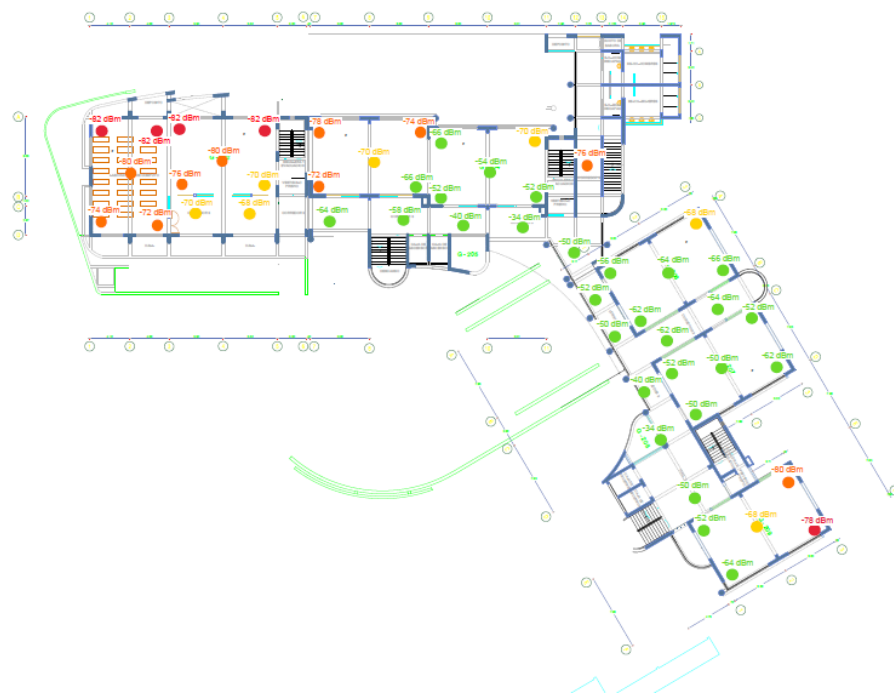
*Figura 1.6.* Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G - Semi Sótano (Sin auditorio)

Fuente: Elaboración propia



*Figura 1.7.* Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G - Piso 1

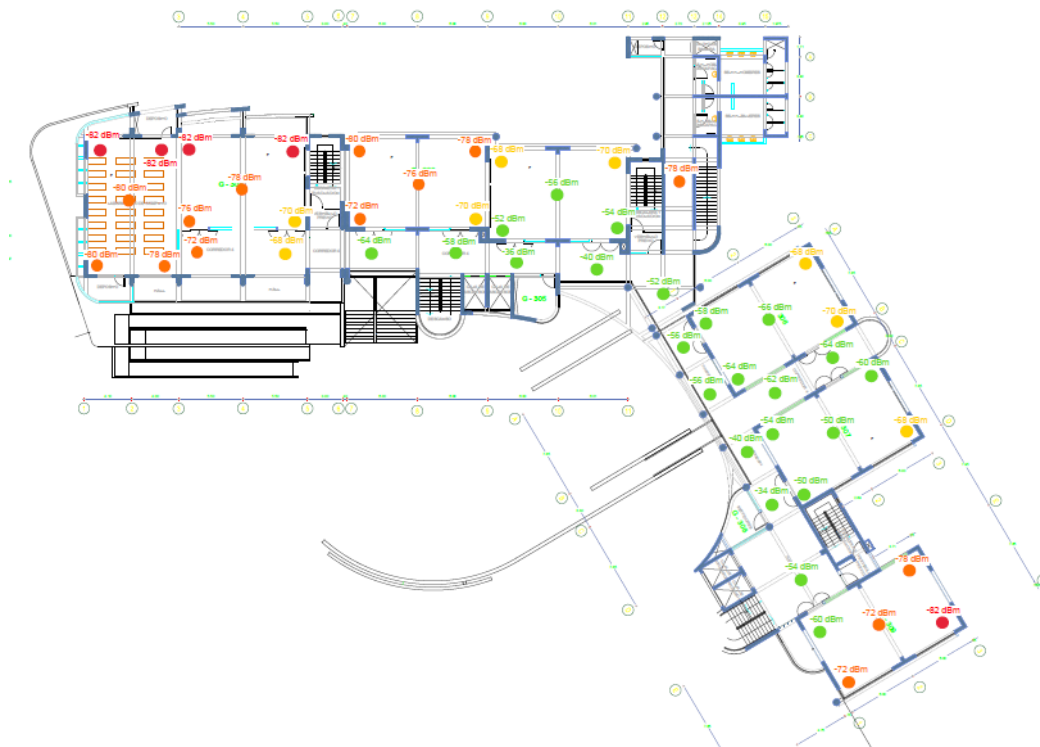
Fuente: Elaboración propia



*Figura 1.8. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red*

WIFI\_UPAO Pab. G - Piso 2

Fuente: Elaboración propia



*Figura 1.9. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red*

WIFI\_UPAO Pab. G - Piso 3

Fuente: Elaboración propia

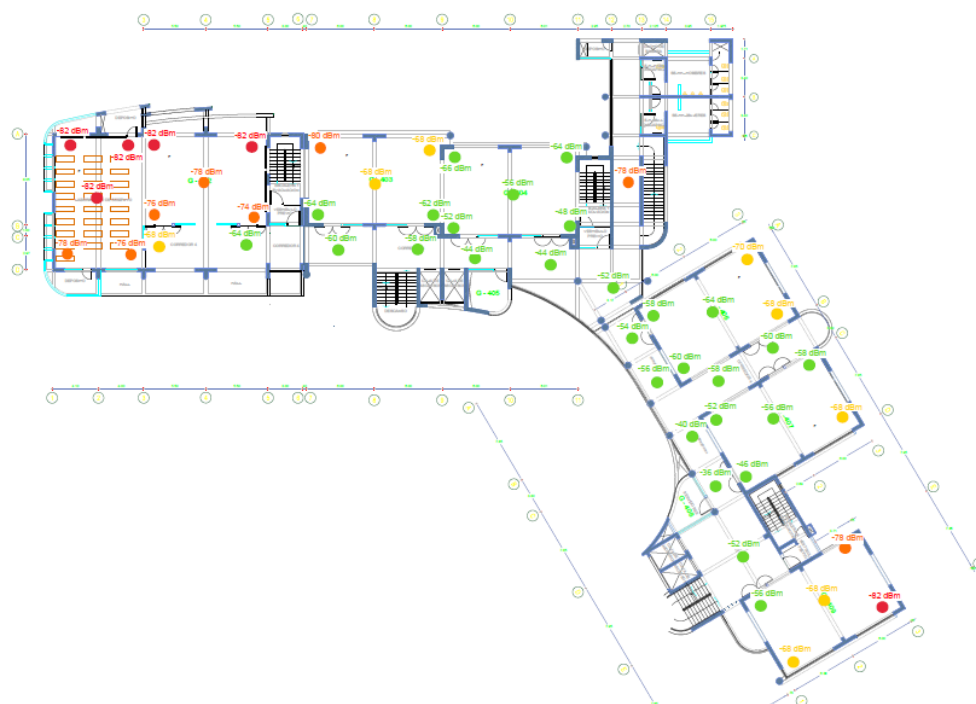


Figura 1.10. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G - Piso 4

Fuente: Elaboración propia

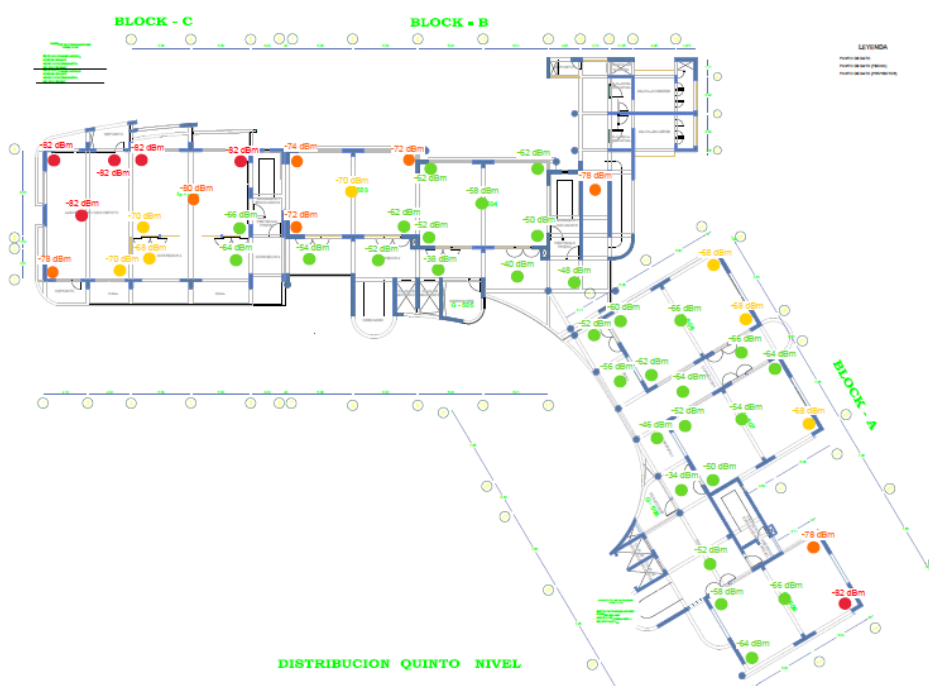
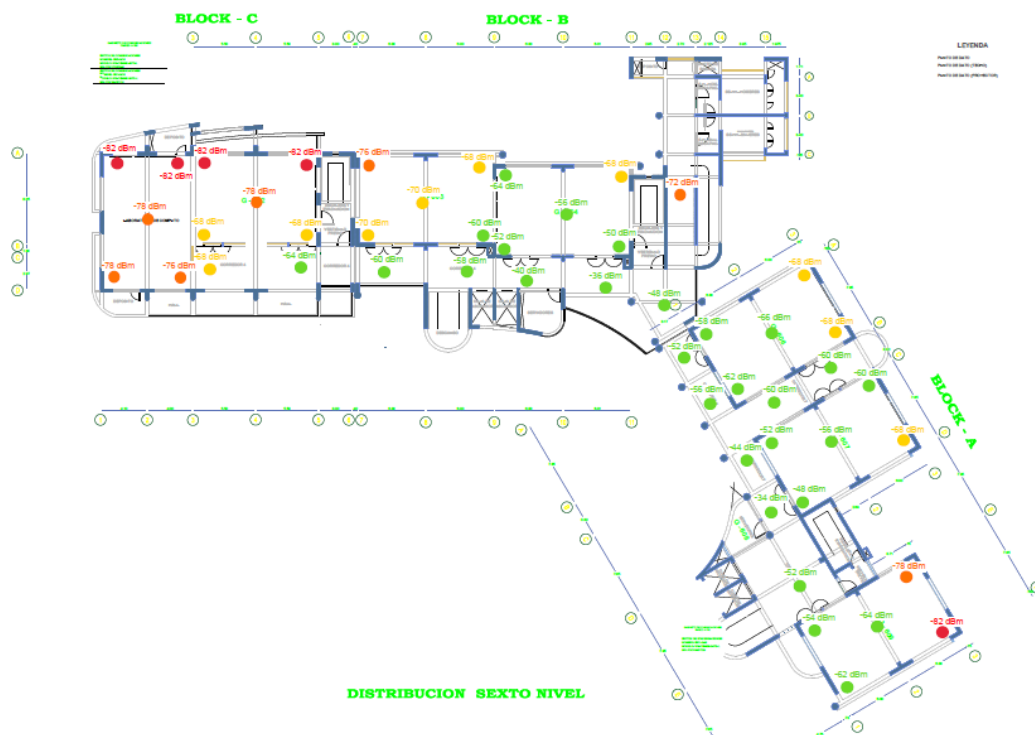
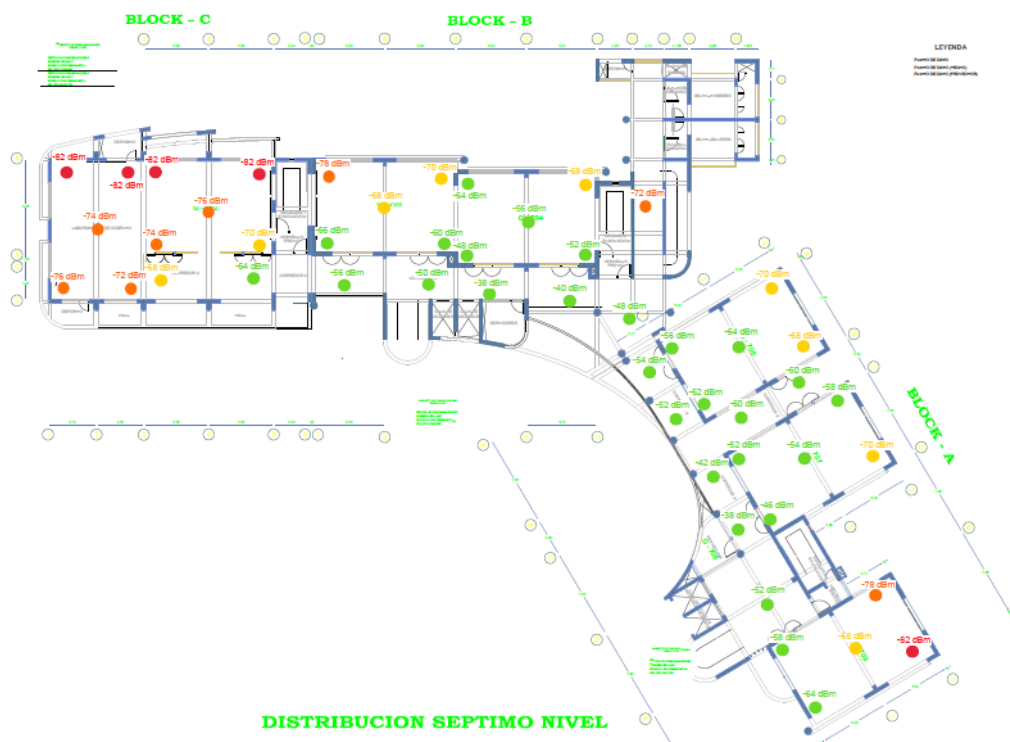


Figura 1.11. Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G Piso 5

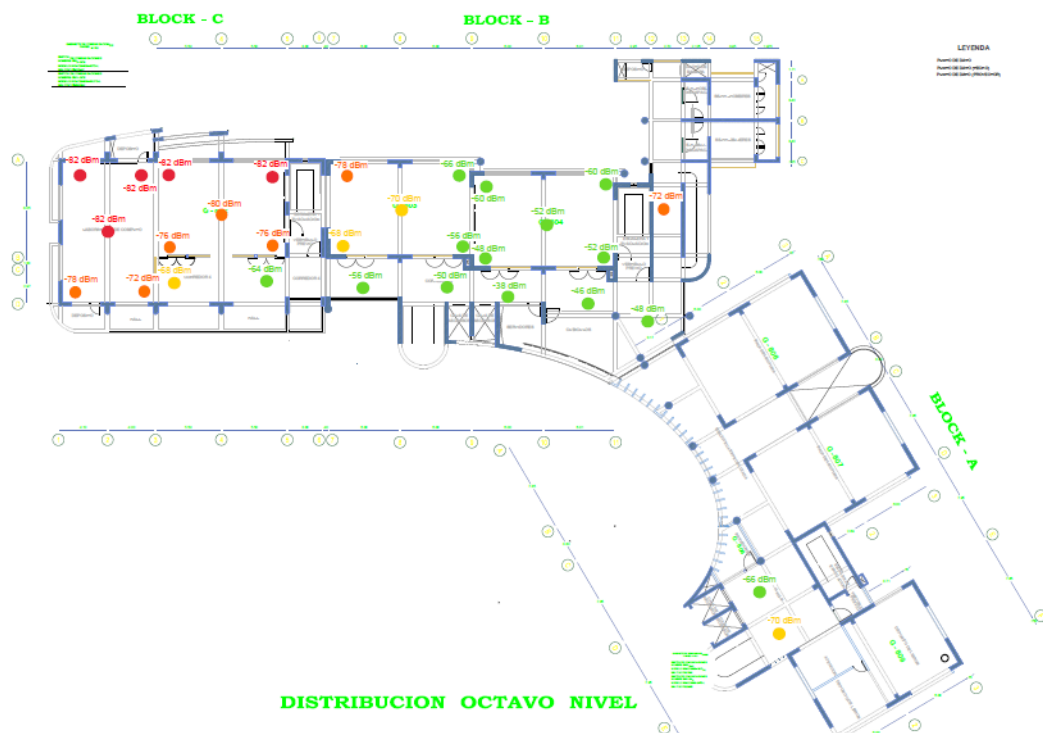
Fuente: Elaboración propia



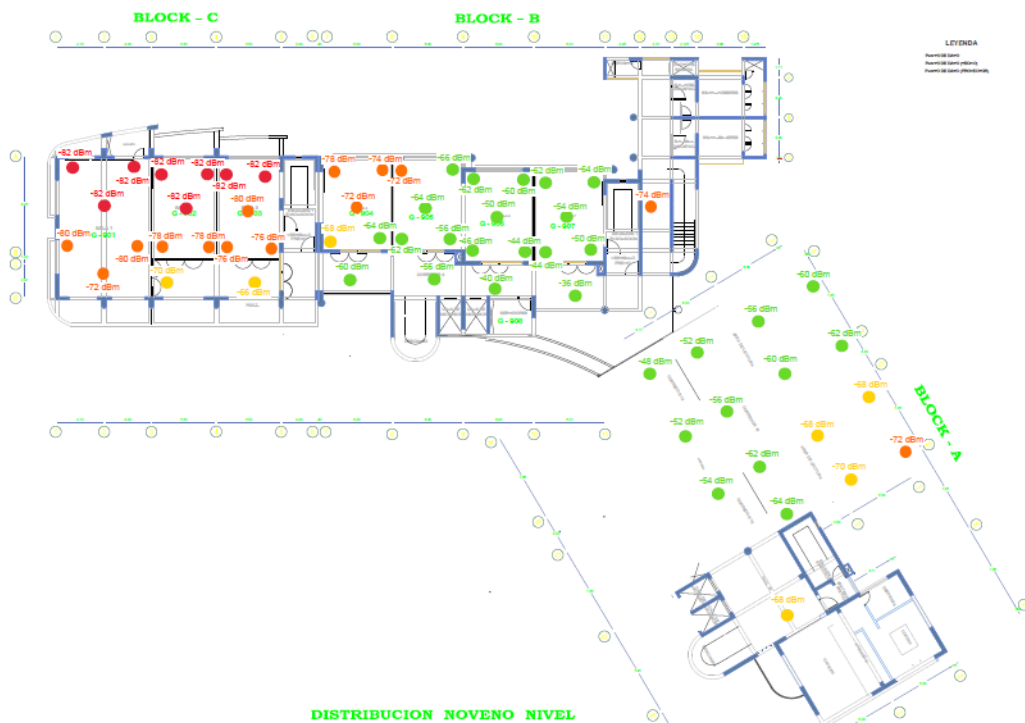
*Figura 1.12.* Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G Piso 6  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 1.13.* Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G - Piso 7  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 1.14.* Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G - Piso 8  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 1.15.* Captura de Pantalla, puntos de medición de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G - Piso 9  
Fuente: Elaboración propia

### **1.1.3 Planteamiento del Problema**

El problema se va enfocar en mejorar los niveles de señal deficientes con los que la señal de la red WIFI\_UPAO es recibida en las computadoras portátiles en el interior del pabellón G de la Universidad Privada Antenor Orrego.

### **1.1.4 Formulación del Problema**

El problema en el que se centra la presente tesis, exige responder a la interrogante:

¿De qué manera se pueden mejorar los niveles de recepción de señal de la red inalámbrica WIFI\_UPAO sobre las computadoras portátiles dentro del pabellón G de la Universidad Privada Antenor Orrego?

### **1.1.5 Alcance**

El proyecto está delimitado al análisis a nivel radio, de la posible mejora de cobertura al aumentar y reubicar los puntos de acceso en los interiores del pabellón G, la cual será implementada mediante herramientas de simulación.

### **1.1.6 Justificación**

#### **Justificación social**

- La población estudiantil de la Universidad Privada Antenor Orrego necesita tener un buen acceso inalámbrico a Internet en el Pabellón G como soporte tecnológico para el desarrollo de todas las actividades académicas.



### **Justificación académica**

- El análisis de la cobertura de la red WIFI\_UPAO, ayudará a conocer el comportamiento de los parámetros de la cobertura de la red inalámbrica y su influencia en la conexión del usuario final.

### **1.1.7 Aportes**

#### **Aportes académicos**

- Proponer una metodología de análisis de la conexión de red inalámbrica y su cobertura.

#### **Aportes tecnológicos**

- Documentar los resultados del análisis de la cobertura de la red inalámbrica y la forma en que se ve afectada la conexión de esta con los clientes.

## **1.2 HIPÓTESIS**

### **1.2.1 Hipótesis General**

- La ampliación y reubicación de los puntos de acceso del pabellón G de la Universidad Privada Antenor Orrego, mejorará significativamente los niveles de recepción de la red inalámbrica WIFI\_UPAO sobre computadoras portátiles dentro del pabellón.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Estudiar el nivel de señal recibida de la red WIFI\_UPAO y estimar una mejora de la misma al reubicar e incrementar el número de puntos de acceso en el pabellón G - Campus UPAO Trujillo.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Describir la distribución de la red inalámbrica WIFI-UPAO en el pabellón G - Campus UPAO Trujillo.
- Determinar las zonas de alta, media y baja calidad de señal mediante un reporte drive test.
- Reproducir el reporte de señal drive test obtenido mediante una herramienta de simulación.
- Simular posibles mejoras de la señal con el aumento del número de puntos de acceso en el Pabellón G – UPAO Trujillo.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

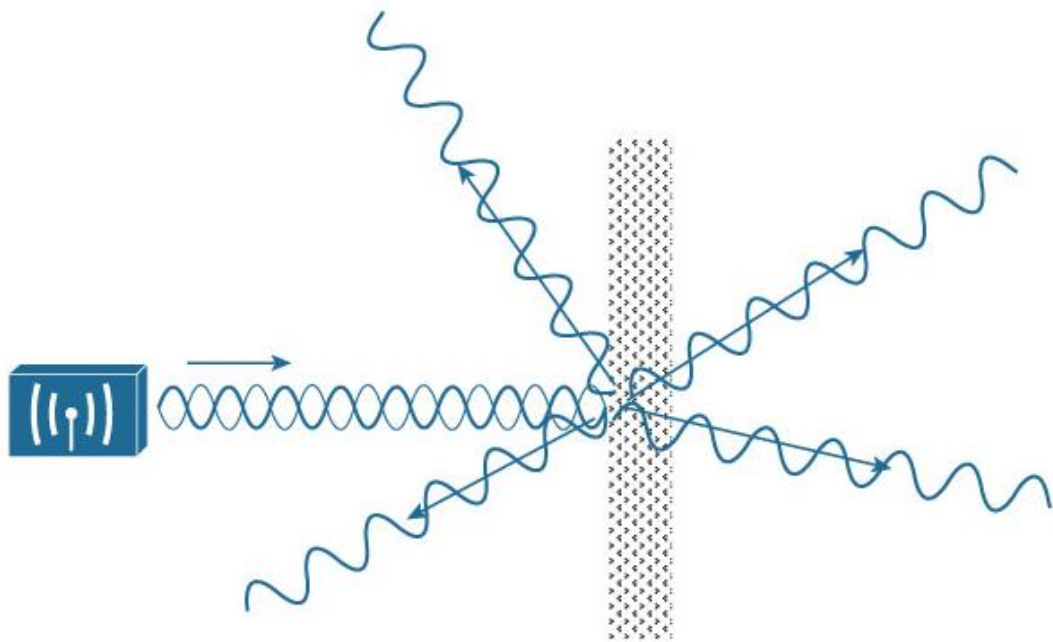
## 2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA SEÑAL INALÁMBRICA

### 2.1.1 Espectro radioeléctrico

Según Devis I. (2007) el espectro radioeléctrico, es un recurso natural limitado y contaminable, a través del cual viajan, sin necesidad de guía artificial, las ondas utilizadas para las telecomunicaciones y que, por lo mismo debe ser administrado de forma eficiente y racional.

### 2.1.2 Dispersión

La potencia de una Señal de Radio (RF) deja la antena transmisora y se dispersa. Una parte de la potencia alcanza a la antena receptora directamente, mientras que otra rebota en diferentes partes.



*Figura 2.1.* Dispersión de una señal de RF  
Fuente: CCNA Wireless Official Cert Guide

### 2.1.3 Penetración

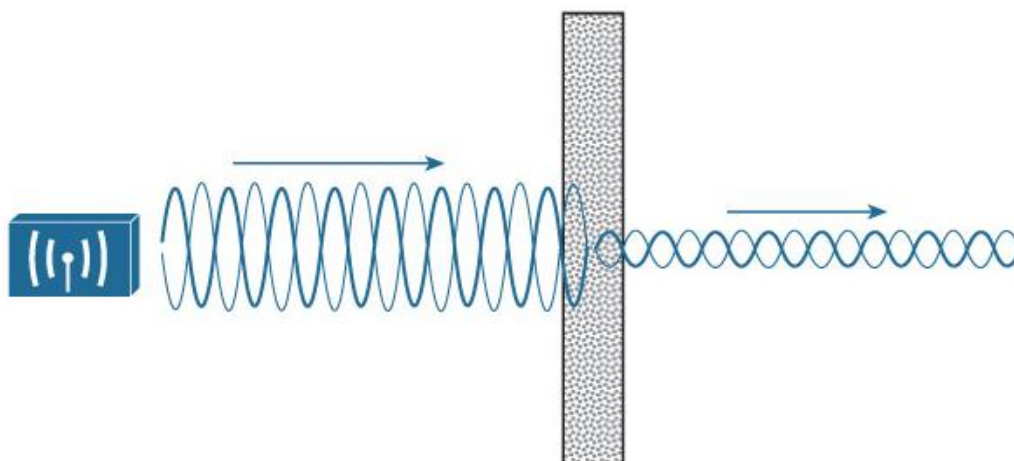
Es determinada por la frecuencia de la señal, capacidad de atravesar diferentes materiales.

### 2.1.4 Distorsión

Según Forouzan B. (2002) la distorsión significa que la señal cambia su forma de onda; “la distorsión ocurre en una señal compuesta, formada por diferentes frecuencias. Cada señal componente tiene su propia velocidad de propagación a través del medio y, por tanto, su propio retraso en la llegada del destino final”.

### 2.1.5 Absorción

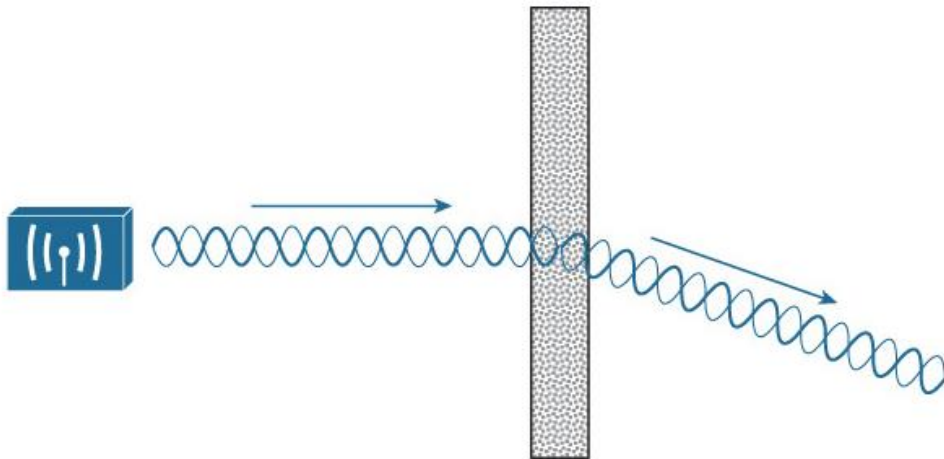
Según Tomasi W. (2003) los átomos y moléculas que forman la atmósfera pueden absorber las ondas electromagnéticas. Cuando una onda electromagnética se propaga a través de la atmósfera terrestre se transfiere energía de la onda a los átomos y moléculas atmosféricos. La absorción de onda por la atmósfera es análoga a una pérdida de potencia. La absorción de las radiofrecuencias en una atmósfera normal depende de su frecuencia, y es relativamente insignificante a menos de unos 10 GHz. La atenuación de ondas debida a la absorción no depende de la distancia a la fuente de radiación, sino más bien a la distancia total que la onda se propaga a través de la atmósfera. Para un medio homogéneo, cuyas propiedades son uniformes en todo él, la absorción sufrida durante el primer kilómetro de propagación es igual que la del último kilómetro. También, las condiciones atmosféricas anormales, como por ejemplo lluvias intensas o neblina densa, absorben más energía que una atmósfera normal.



*Figura 2.2. Absorción de una señal de RF*  
Fuente: CCNA Wireless Official Cert Guide

### 2.1.6 Refracción

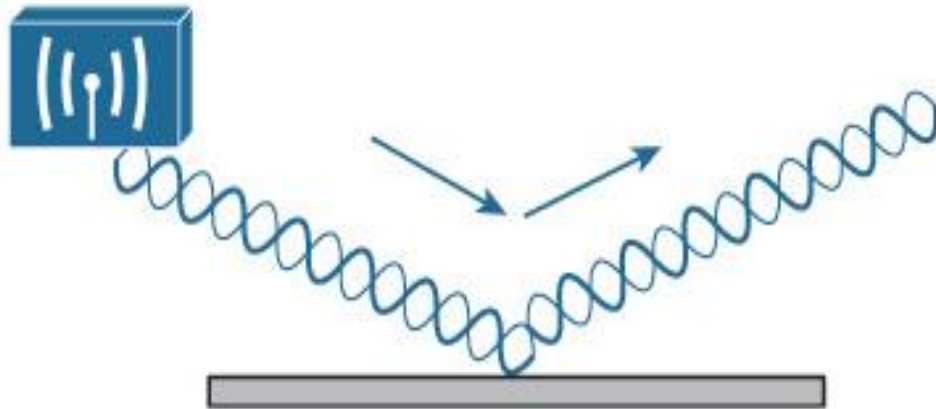
Según Tomasi W. (2013) la refracción electromagnética es el cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distinta velocidad de propagación. La velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace. Por consiguiente, hay refracción siempre que una onda de radio pasa de un medio a otro de distinta densidad.



*Figura 2.3. Refracción de una señal de RF*  
Fuente: CCNA Wireless Official Cert Guide

### 2.1.7 Reflexión

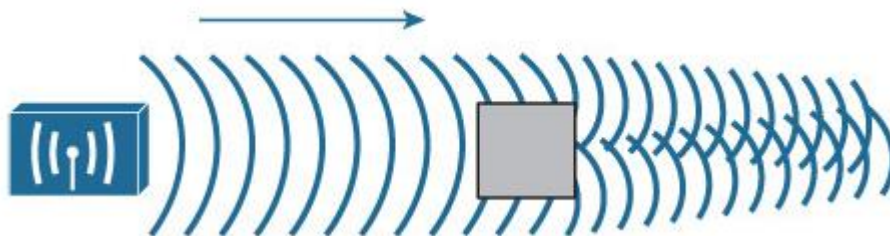
Tomasi, W.(2013) dice que la reflexión electromagnética se presenta cuando una onda incidente choca con una frontera entre dos medios, y algo o toda la potencia incidente no entra al segundo material. Las ondas que no penetran al segundo medio se reflejan.



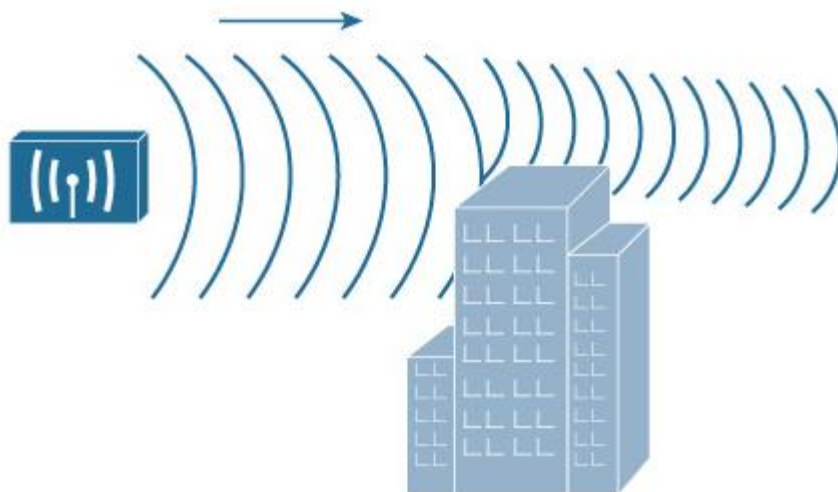
*Figura 2.4. Reflexión de una señal de RF*  
Fuente: CCNA Wireless Official Cert Guide

### 2.1.8 Difracción

Tomasi W. (2013) define a la difracción como la modulación o redistribución de la energía dentro de un frente de onda, al pasar cerca de la orilla de un objeto opaco. La difracción es el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a esquinas.



*Figura 2.5. Difracción de una señal de RF*  
Fuente: CCNA Wireless Official Cert Guide

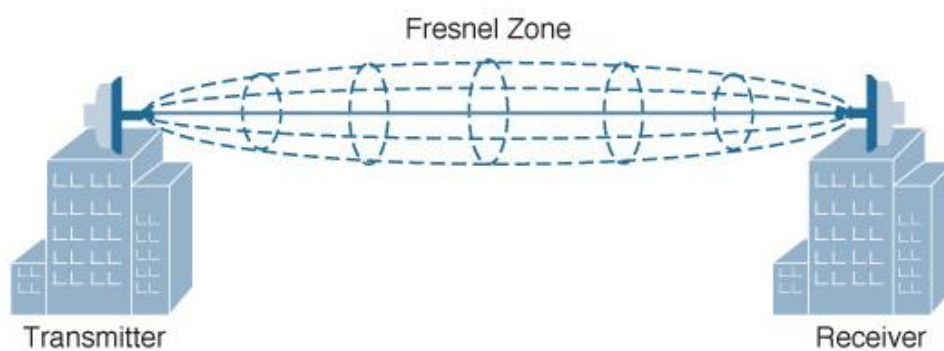


*Figura 2.6. Obstáculo difractando una señal.*

Fuente: CCNA Wireless Official Cert Guide

### **2.1.9 Zonas de Fresnel**

Según Geldres V. (2005) se denomina zona de Fresnel al área (de forma elíptica) que sirve de propagación a una señal de radio. Esta zona se extiende por encima y por debajo de la línea recta entre el emisor y el receptor y para que se considere útil se debe de mantener alrededor del 60% de esa zona totalmente libre de obstáculos.



**Figure 3-16** *Fresnel Zone*

*Figura 2.7. Zona de Fresnel.*

Fuente: CCNA Wireless Official Cert Guide



### 2.1.10 Frecuencia

La frecuencia de una onda es el número de ciclos que tiene por unidad de segundo. Su unidad correspondiente a un ciclo por segundo es el hertzio (Hz).

### 2.1.11 Potencia

La potencia de una señal inalámbrica es el grado de amplificación de la señal. Se mide en dB o en mW y tiene el mismo valor en las antenas para recibir y enviar información.

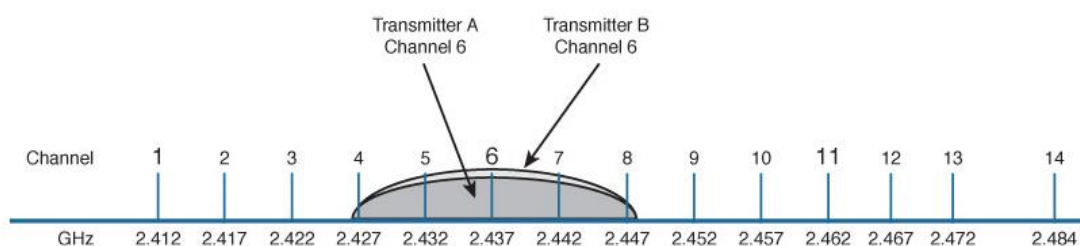
### 2.1.12 Interferencia

Como menciona Hucaby (2016), “la idea detrás de una modulación WLAN, es de enviar la mayor cantidad de datos en una señal inalámbrica y minimizar la cantidad de datos que se puede perder por interferencia o ruido, ya que esto provoca una retransmisión de datos y mayor utilización de los recursos inalámbricos.”

“Cuando una señal se traslapa con otra en una frecuencia o canal, estas señales interfieren la una con la otra. Podemos decir que interferencia es la forma en cómo las señales se traslapan.”

#### a) Interferencia Co-Canal

David Hucaby (2016) explica que una interferencia Co-Canal ocurre cuando dos o más transmisores usan un mismo canal.



*Figura 2.8. Interferencia Co-Canal*

Fuente: CCNA Wireless 200-355 Official Cert Guide 2016

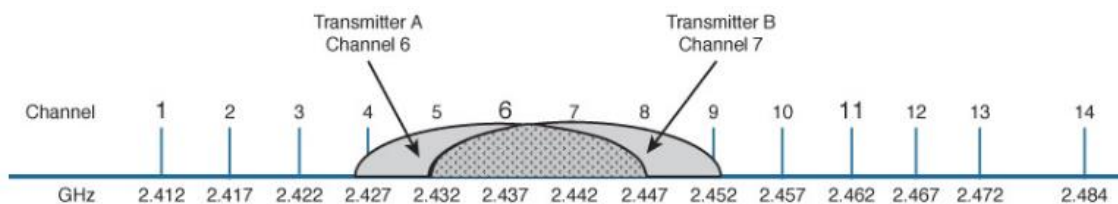
En la figura 2.8. se muestra dos transmisores usando un mismo canal, lo que afecta toda la banda de 22MHz congestionando el tráfico de datos, si se está transmitiendo al mismo tiempo.

También recomienda una separación de por lo menos 19dB entre las potencias de señales que compartan un mismo canal, esto varía de acuerdo a la modulación de la señal (Ej. 19 dB para modulación 64-QAM en 802.11g)

### **b) Interferencia de Canal Adyacente**

Esta interferencia, se genera al colocar dos o más transmisores en canales diferentes, pero que están una distancia cercana, de modo que se solapan entre sí.

Esto pasa generalmente con canales cercanos, en la banda de 2.4 GHz. Por ejemplo en la figura 2., el transmisor A está utilizando el canal 6, mientras que el transmisor B está utilizando el canal 7. Las dos señales no se superponen completamente, pero la interferencia entre ellas es suficiente para perjudicar a ambas.



*Figura 2.9. Interferencia Canal Adyacente*

Fuente: CCNA Wireless 200-355 Official Cert Guide 2016

### **2.1.13 Dirección de propagación**

Es con relación a las antenas, se clasifica en dos grupos:

- **Omnidireccionales:** Las cuales dan cobertura con un diagrama de radiación, se supone que dan servicio por igual independientemente de su colocación, pero debido a que las frecuencias en las que estamos trabajando son próximas a microondas.
- **Direccionales:** Son directivas y solo emiten y reciben con un ancho de haz definido por la construcción de la antena.

Además de los factores anteriormente; también, es importante conocer sobre:

#### **2.1.14 Atenuación**

Para Íñigo J. et. all (2008) es la disminución de la potencia de la señal a la medida que se propaga por el medio. La forma de la señal se mantiene.

#### **2.1.15 Ruido**

Según Forouzan, B. (2002), hay varios tipos de ruido:

- Ruido Térmico: se debe al movimiento aleatorio de electrones en un cable que crea una señal extra no enviada originalmente por el transmisor.
- Ruido Inducido; se debe a fuentes externas tales como motores y electrodomésticos; estos dispositivos actúan como antenas emisoras y el medio de transmisión actúa como la antena receptora.
- Diafonía: se debe al efecto de un cable sobre otro. Un cable actúa como una antena emisora y el otro como una antena receptora.
- Ruido impulsivo: es un pico (una señal con energía alta en un periodo de tiempo muy corto) que procede de líneas de potencia, iluminación, etc.

## **2.2 REDES INALÁMBRICAS**

### **2.2.1. Red Inalámbrica**

La página Web de Cisco (2014) informa que una red inalámbrica o también conocida como WN (Wireless Network) es un sistema basado en un medio de transmisión no guiado, utiliza ondas electromagnéticas para comunicarse con sus dispositivos, permitiéndole flexibilidad entre sí debido a no requiere de cables.

En general su operación está dada por la modulación de ondas electromagnéticas, que se propagan por el espacio comunicando a cada uno de los extremos de la transmisión.

Este tipo de tecnologías requieren necesariamente de la red cableada, debido a que depende al menos de un nodo por donde este derivará al que será inalámbrico. Algunos autores comentan que son redes complemento de las redes de conexión cableada. En los últimos años se les han denominado redes híbridas.



*Figura 2.10. Red Inalámbrica*

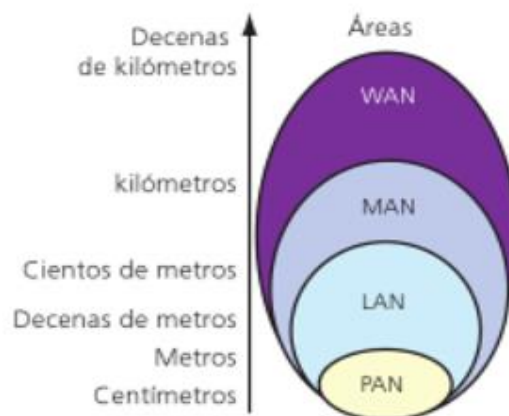
Fuente: Wi-fi: lo que necesita conocer.

### **2.2.2 Clasificación de red inalámbrica**

Para Reyann J. (2004) las redes inalámbricas se definen según su alcance o cobertura. De acuerdo a la distancia máxima entre el emisor y el receptor, podemos clasificarlas como:

- WPAN, Wireless Personal Area Network: Red de área personal que cubre distancias inferiores a los 100 metros
- WLAN, Wireless Local Area Network: red de área local, cubre distancias mayores a los 100 metros.

- WMAN, Wireless Metropolitan Area Network: red de área metropolitana que cubren el área de una ciudad o entorno metropolitano.
- WWAN, Wireless Wide Area Network: Red de área ancha o globales donde encontraremos tecnologías como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), utilizada en los teléfonos móviles de tercera generación (3G) y sucesora de la tecnología GSM (para móviles 2G), o también la tecnología digital para móviles GPRS (General Packet Radio Service)



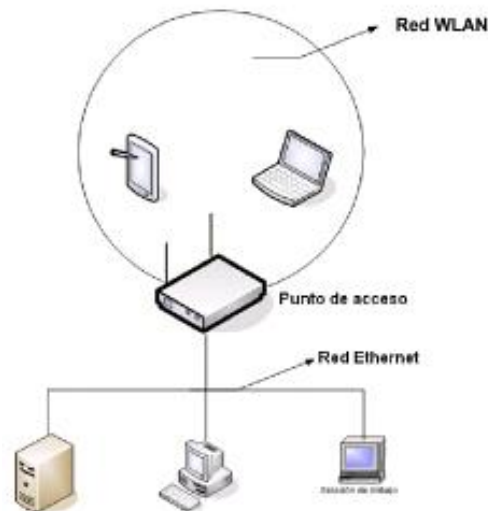
*Figura 2.11. Clasificación de redes inalámbricas*

Fuente: Redes inalámbricas. Servicios en red.

### **2.2.3 Elementos Que Integran Una Red Inalámbrica**

#### **2.2.3.1 AP (Access Point)**

Andreu F. (2006) indica que el Access Point es un dispositivo que se comunica mediante señales de radio con estaciones inalámbricas o dispositivos de usuario, como por ejemplo PC, ordenadores portátiles o PDAs y actúa como puente entre éstos y la red troncal. Encargado de coordinar la comunicación entre las estaciones inalámbricas que están conectados a él.



*Figura 2.12. Punto de Acceso*

Fuente: Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN.

### **2.2.3.2 Adaptadores de red**

Carballar J. (2010) dice que es un equipo de red que puede venir integrado en el equipo o instalado de forma independiente y que es el que permite comunicarse de forma inalámbrica. Entre ellos encontramos a los siguientes:

#### **2.2.3.3 Adaptadores COM y LPT**

Dispositivos que se conectan al equipo a través del puerto serie (COM) o el puerto paralelo (LPT).

#### **2.2.3.4 Portátiles con Wifi**

El adaptador ya por defecto está integrado en el dispositivo.

#### **2.2.3.5 PCMCIA**

Estos adaptadores son un tipo de tarjeta con un ancho generalmente de 54 milímetros, la proporción del largo es variable, dependiendo del tipo de tarjeta. Es un dispositivo normalmente utilizado en computadoras portátiles para aumentar sus propias capacidades.

### 2.2.3.6 PCI e ISA

Son tarjetas que se conecta directamente a la placa base de la computadora, por lo que es necesario abrir el equipo. En su exterior muestra una pequeña antena.

### 2.2.3.7 Adaptadores USB

Se introdujo para unificar el gran número de conexiones distintas que tienen habitualmente los PCs. Por tanto, también requieren dispositivos que dispongan de una interfaz.

### 2.2.3.8 Antenas

Hernández J. (1998) indica que es un conductor de dimensiones comparables a la longitud de onda de cierta señal. Se le consideran, transductores de energía electromagnética a energía eléctrica y viceversa.

También, clasifica los tipos de antenas en:

- a) De sector:** Enfocan en un área limitada.
- b) De panel:** Están constituidas por varios dipolos apilados y un panel reflector.
- c) Parabólica:** Se apoyada en un reflector para conseguir una gran ganancia directiva, gran ancho de banda, así como un gran rendimiento.
- d) Yagui:** Es la antena más utiliza. Está formada por un dipolo y varios elementos pasivos.
- e) Omnidireccional:** Irradia energía en todas direcciones por igual y, en consecuencia, la gráfica de radiación es un círculo.

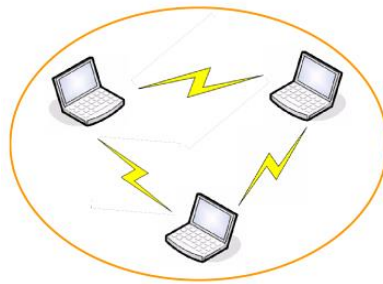
## 2.2.4 Topología De Redes Inalámbricas

Para poder diferenciar las maneras de cómo interactúan las redes inalámbricas es necesario conocer las topologías. Para Andreu F. (2006) se dividen en:

### 2.2.4.1 IBSS (Independent basic Service Set)

Aquel donde no hay punto de acceso, las estaciones inalámbricas se comunican entre sí. Las funciones de coordinación son asumidas de forma aleatoria por una de las estaciones inalámbricas presentes.

El tráfico de información se lleva a cabo directamente entre los equipos implicados, sin tener que recurrir a una jerarquía superior centralizadora, obteniéndose un aprovechamiento máximo del canal de comunicaciones. Es un modo que puede ser muy útil cuando el tráfico existente se reparte entre todos los equipos cercanos físicos.



*Figura 2.13. Topología IBSS*

Fuente: Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN

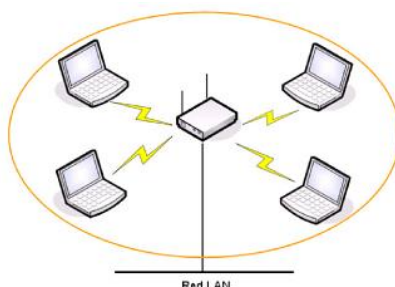
### 2.2.4.2 BSS (Basic Service Set)

El punto de acceso realiza las funciones de coordinación. Todo el tráfico desde y hacia las estaciones inalámbricas tienen que atravesar el punto de acceso, por lo que hay una clara pérdida de eficiencia cuando dos estaciones dentro de un mismo BSS desean comunicarse entre sí (los paquetes de información son enviados una vez al punto de acceso y otra vez al destino).

Es una arquitectura apropiada cuando la mayor parte del tráfico se origina o finaliza en las redes exteriores a las cuales está conectado el punto de acceso. Es el modo que se emplea habitualmente para conectar una red inalámbrica en el hogar con



Internet a través del acceso del router/modem de cable o de ADSL. También se emplea en una red de una empresa para conectar las estaciones inalámbricas.



*Figura 2.14. Topología BSS*

Fuente: Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN

## **2.3 ESTÁNDARES PARA WLAN**

El estándar IEEE 802.11 o también llamado WiFi fue definido por el IEEE (Instituto de Ingenieros Electrónicos y Electrónicos) en 1997 como un estándar que reemplazaría los cables de la conexión cableada Ethernet con una conexión inalámbrica. El 802.11 tiene tres extensiones principales que se consideran actualmente.

Valle L. (2005) explica las dos extensiones más importantes, a su criterio, del estándar 802.11.

“La primera extensión es 802.11a. Opera en la banda de 5GHz, menos congestionada y con menos interferencias y con alcance limitado a 50 metros, con 12 canales separados no empalmados. Como resultado, se disponen de 12 puntos de acceso para diferentes canales en la misma área sin interferencia con algún otro. El 802.11a utiliza división de frecuencias ortogonales multiplexadas (Orthogonal Frequency Division Multiplexing OFDM), la cual divide una señal de datos a través de 48 sub-carriers separados con un canal de 20MHz para proveer transmisiones en rangos de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 o 54 Mbps.

La segunda extensión es 802.11b y es la base para la mayoría de las LANs inalámbricas que existen en la actualidad. 802.11b opera en la banda de 2.4GHz ISM y utiliza direct sequence spread spectrum DSSS con modulación complementary code keying CCK para dispersar la señal de datos sobre una porción,

aproximadamente 30MHz, de la banda de frecuencia de 2.4GHz. Los rangos de datos que soporta 802.11b son 1, 2, 5.5 y 11 Mbps.

La tercera extensión, y de las más recientes es 802.11g. De forma similar a 802.11b, 802.11g opera en la banda de 2.4GHz y las señales transmitidas utilizan aproximadamente 30MHz, lo que es un tercio de la banda. Esto limita el número de puntos de acceso 802.11g no empalmados a tres, lo cual es lo mismo que 802.11b. El estándar 802.11g es compatible con el 802.11b, capaz de alcanzar una velocidad doble, es decir de hasta 22Mbps/s o llegar incluso a 54Mbps/s para competir con los otros estándares que prometen velocidades mucho más elevadas pero que son incompatibles con los equipos 802.11b ya instalados, aunque pueden coexistir en el mismo entrono debido a que las bandas de frecuencia que emplean son distintas.”

Hay otros estándares que Cisco Networking Academy (2014) considera importante mencionarlos:

“IEEE 802.11n: opera en la banda de frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz. Las velocidades de datos típicas esperadas van de 150 Mb/s a 600 Mb/s, con una alcance de hasta 70 m. Es compatible con dispositivos 802.11a, b y g anteriores.

IEEE 802.11ac: opera en la banda de 5 GHz y proporciona velocidades de datos que van de 450 Mb/s a 1,3 Gb/s (1300 Mb/s); es compatible con dispositivos 802.11a/n.

IEEE 802.11ad: también conocido como “WiGig”. Utiliza una solución de Wi-Fi de triple banda con 2,4 GHz, 5 GHz y 60 GHz, y ofrece velocidades teóricas de hasta 7 Gb/s.”

**Tabla 2.1. Estándares IEEE 802.11**

| <b>Estándar</b> | <b>Velocidad<br/>Máxima</b> | <b>Frecuencia</b>       | <b>Compatible con<br/>modelos anteriores</b> |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------|--|
| 802.11a         | 54 Mb/s                     | 5 GHz                   | No   |
| 802.11b         | 11 Mb/s                     | 2,4 GHz                 | No   |
| 802.11g         | 54 Mb/s                     | 2,4 GHz                 | 802.11b                                      |
| 802.11n         | 600 Mb/s                    | 2.4 GHz o 5 GHz         | 802.11a/b/g                                  |
| 802.11ac        | 1.3 Gb/s                    | 2.4 GHz o 5 GHz         | 802.11a/n                                    |
| 802.11ad        | 7 Gb/s                      | 2,4 GHz, 5 GHz y 60 GHz | 802.11a/b/g/n/ac                             |

Fuente: Página Web Cisco Networking Academy

## **2.4 CRITERIOS DE DISEÑO DE REDES**

### **2.4.1. Roaming**

Según Barrenechea T. (2011), es un concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra.

El roaming o itinerancia cuando es utilizado en las redes Wi-Fi, significa que el dispositivo Wi-Fi cliente puede desplazarse e ir conectándose en diferentes puntos de acceso.

Para que sea posible, tiene que haber una pequeña superposición (overlapping) en las coberturas de los puntos de acceso, de tal manera que los usuarios puedan desplazarse por las instalaciones y siempre tengan cobertura. Los puntos de acceso incorporan un algoritmo de decisión que decide cuando una estación debe desconectarse de un punto de acceso y conectarse a otro.

Esto se ve mucho en campus universitarios con facultades distintas que tienen diferentes puntos de acceso, al caminar entre ellas se desconecta de uno, pero posteriormente se conecta a otro sin perder la conexión.

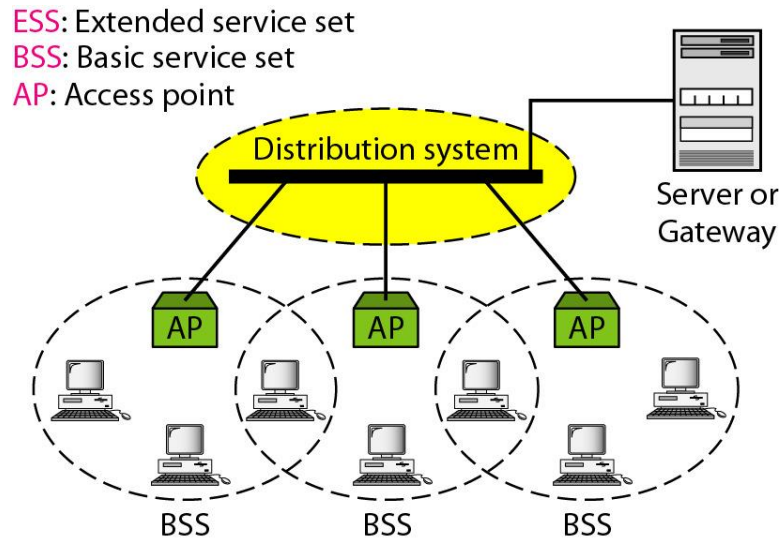
#### **2.4.2. Conceptos generales para implementar Redes Inalámbricas**

Según Barrenechea T. (2011) se deben tomar en cuenta los siguientes conceptos al implementar una red inalámbrica:

- Estaciones: computadores o dispositivos con interfaz inalámbrica.
- Medio: se pueden definir dos, la radiofrecuencia y los infrarrojos.
- Punto de Acceso (AP): tiene las funciones de un puente (conecta dos redes con niveles de enlaces parecidos o distintos), y realiza por tanto las conversiones de trama pertinente.
- La asignación de canales: permite tener AP continuos sin traslaparse o interferir señales entre ellos.
- RSSI: es el acrónimo de “Received Signal Strength Indication”. Es la medida de la intensidad de señal recibida.
- Sistema de distribución: importantes ya que proporcionan movilidad entre puntos de acceso, para tramas entre distintos puntos de acceso o con los terminales, ayudan ya que es el mecánico que controla donde está la estación para enviarle las tramas.
- Conjunto de servicio básico (BSS): grupo de estaciones que se intercomunican entre ellas. Se define dos tipos:
  - Independientes: cuando las estaciones, se intercomunican directamente.
  - Infraestructura: cuando se comunican todas a través de un punto de acceso.

- Conjunto de servicio Extendido (ESS): es la unión de varios BSS.

En la figura 2.15. se muestra un conjunto extendido de acceso basado en la infraestructura y que es ideal para empresas.



*Figura 2.15. Muestra equipos para implementar red inalámbrica.*

Fuente: Diseño de una red inalámbrica para una empresa de Lima

### 2.4.3. Asignación de canales

Según Barrenechea T. (2011), los estándares 802.11b y 802.11g utilizan la banda de 2.4 – 2.5 GHz. En esta banda, se definieron 11 canales utilizables por equipos WIFI, los que pueden configurarse de acuerdo a necesidades particulares. Sin embargo, los 11 canales no son completamente independientes (canales contiguos se superponen y se producen interferencias) y en la práctica sólo se pueden utilizar 3 canales en forma simultánea (1, 6 y 11). Esto es correcto para EEUU y muchos países de América Latina, pues en Europa, el ETSI ha definido 13 canales. En este caso, por ejemplo, en España, se pueden utilizar 4 canales no-adyacentes (1, 5, 9 y 13). Esta asignación de canales usualmente se hace sólo en el Access Point, pues los “clientes” automáticamente detectan el canal, salvo en los casos en que se forma una red “Ad-Hoc” o punto a punto cuando no existe Access Point.

#### **2.4.4. Diseño de una Red Inalámbrica**

Implementar una WLAN que tome las mejores ventajas de los recursos y entregue el mejor servicio, requiere un diseño cuidadoso. Las redes inalámbricas pueden variar desde simples instalaciones hasta diseños muy complejos e intrincados. Las necesidades de la red inalámbrica deben estar bien documentadas antes de que esta sea implementada. Según el módulo “CCNA Exploration LAN Switching and Wireless” (2016) estas son:

- El número de usuarios de las instalaciones
- La velocidad de conexión que esperan los usuarios
- El uso de canales que no se encuentren en la misma frecuencia por diferentes puntos de acceso en una ESS.
- La potencia de transmisión (que está limitada por una regulación local)

Cuando se planea la ubicación de los puntos de acceso, no es simplemente dibujar un círculo con el área de cobertura y agregarlo al plan. Calcular el área de cobertura es importante, pero existen recomendaciones adicionales:

- Ubicar los puntos de acceso donde no haya obstáculos
- Ubicar los puntos de acceso verticales al techo, en el centro de cada área de cobertura
- Ubicar los puntos de acceso en sitios donde se espera que estén los usuarios.

Cuando estos puntos han sido abordados, se puede estimar el área de cobertura esperada. Esta área de cobertura variará dependiendo del estándar de la red inalámbrica o la unión de los estándares que se están implementando, la naturaleza de la instalación, la potencia de transmisión con la que se ha configurado el punto de acceso, etc.

**a) Niveles mínimos y recomendados de señal recibida en una conexión inalámbrica:**

Según Hucaby D. (2016) los niveles de potencia mínimos y recomendados para una conexión inalámbrica son las siguientes:

**Tabla 2.2. Niveles de potencia de Señal**

| <b>Intensidad de Señal</b> |   | <b>Requerido Para</b>        |
|----------------------------|---|------------------------------|
| -30 dBm                    | Nivel de potencia de señal máxima alcanzable. El cliente debe estar a pocos metros del punto de acceso para lograr este nivel. No es muy típico o deseable en un escenario real.                                  | N/A                          |
| -67 dBm                    | Intensidad de señal mínima para aplicaciones que requieren la entrega de paquetes muy fiable y oportuna.  | VoIP/VoWiFi, streaming video |
| -70 dBm                    | Intensidad de señal mínima para una entrega fiable de paquetes.   | Email, web                   |
| -80 dBm                    | Intensidad de señal mínima para la conectividad básica. La entrega de paquetes es poco fiable, lo que se traduce en corte de comunicación (pérdida de llamada, pérdida de datos, mensajes corruptos (ilegibles)). | N/A                          |
| -90 dBm                    | Nivel de señal cercano al ruido. Cualquier funcionalidad es poco probable.  | N/A                          |

Fuente: Elaboración propia

**Pérdidas de potencia de la señal inalámbrica**

Según el módulo de Cisco “Conducting Cisco Unified Wireless Site Survey”, (2009), la potencia de recepción depende de los siguientes factores:

- La potencia de salida del transmisor
- La distancia a la que se encuentra el receptor
- Los obstáculos

## Pérdidas de potencia en interiores

Como dice el módulo de Cisco “Conducting Cisco Unified Wireless Site Survey”, (2009), 1 metro de distancia equivale a 40dB de pérdida de potencia. Cada vez que la distancia se duplica, la pérdida de potencia aumenta 10dB en interiores (en exteriores aumenta 6dB; así tenemos que:

- 2 metros equivalen a 50dB de pérdida
- 4 metros equivalen a 60dB de pérdida
- 8 metros equivalen a 70dB de pérdida.

Por ejemplo, si el punto de acceso transmite con una potencia de 20dBm y el equipo receptor se encuentra a 32 metros de distancia, la potencia de recepción sin obstáculos sería la siguiente:

$$\begin{aligned} &+20dBm \text{ potencia de transmisión} - 90dB \text{ pérdida por distancia} \\ &= -70dBm \text{ potencia de recepción} \end{aligned}$$

El cálculo anterior fue realizado sin tener en cuenta la atenuación de la señal por los objetos que puedan existir en la trayectoria de la señal desde el transmisor hasta el receptor. Sin embargo, en un escenario real, la potencia de transmisión se verá atenuada por los diferentes objetos ubicados en el interior de las instalaciones. El módulo de Cisco “Conducting Cisco Unified Wireless Site Survey” (2009), presenta una tabla con los principales objetos que atenúan la señal cuando esta pasa a través de ellos:



**Tabla 2.3. Atenuación de la Señal a través de objetos**

| <b>Objeto en el recorrido de la señal</b> | <b>Atenuación cuando la señal pasa a través del objeto</b> |
|---|--|
| Pared de Drywall                          | 3 dB   |
| Pared de vidrio con marco metálico        | 6 dB   |
| Pared de bloques de cemento               | 4 dB   |
| Ventana de oficina                        | 3 dB   |
| Puerta metálica                           | 6 dB   |
| Puerta de metal en pared de ladrillos     | 12 dB  |
| Cuerpo Humano                             | 3 dB   |

Fuente: “Conducting Cisco Unified Wireless Site Survey”

#### **b) Ubicación de Puntos de Acceso**

Para Carballar J. (2010), el mejor sitio para colocar un punto de acceso será al centro de la habitación en una posición elevada. En las habitaciones repletas de obstáculos, como muebles, librerías, estantes, archivadores, etc., se consiguen coberturas inferiores que en las habitaciones abiertas.

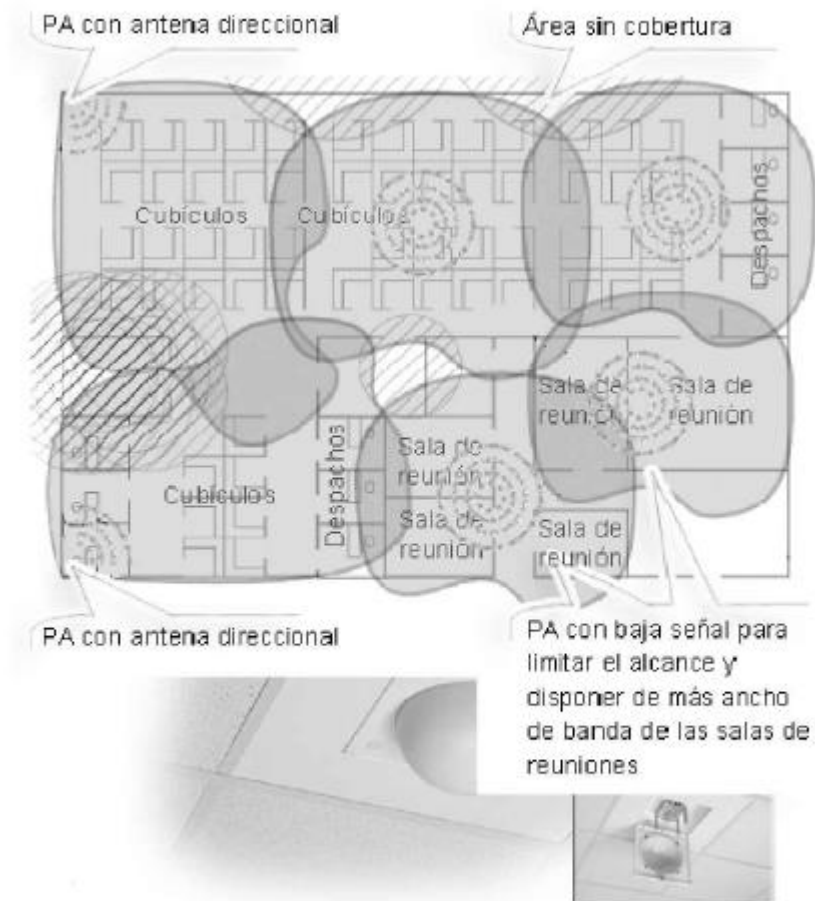
Se recomienda no colocar los Puntos de Acceso en armarios o cerca de objetos de metal, así como el de colgarlos en la pared, ya que produce ecos radioeléctricos que empeoran la calidad de la señal (distancia a la pared superior al metro y medio).

En el caso se tenga que cubrir grandes extensiones como un vecindario, campus universitario o edificio empresarial, es necesario hacer un estudio previo y analizar donde se colocarán los puntos de acceso.

Debido a la gran cantidad de factores que afectan la cobertura de una señal inalámbrica, es necesario no sólo un estudio teórico, sino también, lo que se conoce como “Método de Prueba y Error”.

### b.1 Método de Prueba y Error.

Según Carballar (2010), el método de prueba y error consiste en realizar una inspección previa, decidir los lugares de los puntos de acceso basados en esta primera inspección, hacer pruebas de cobertura con la ayuda de un ordenador portátil y recolocar los puntos de acceso hasta situarlos en su posición idónea.



*Figura 2.16. Ubicación de Puntos de Acceso.*

Fuente: Wifi, lo que se necesita conocer

## 2.5 SOFTWARE EKHAU

Para el diseño de una red LAN inalámbrica, además de considerar todos los aspectos teóricos, el poder predecir su modelamiento utilizando una herramienta de simulación resulta muy provechoso. Este es el caso de Ekahau Site Survey, es el software de simulación que permite construir un modelo del ambiente de radiofrecuencia en una red, utilizando puntos de acceso virtuales. Este tipo de modelado permite colocar puntos de acceso virtuales en el plano de una construcción y crea una visualización matemáticamente precisa de la cobertura de RF que se proporcionaría en el mundo real.

Parte del proceso de modelado implica la adición de las pérdidas de las señales de radiofrecuencia por obstrucciones circundantes, tales como paredes, puertas, estructuras de ascensor, etc. Obtener valores precisos de esas pérdidas es vital para asegurar que las predicciones de la cobertura de radiofrecuencia realizadas por el software sean exactas. Es importante tener en cuenta que el modelo de predicción será tan preciso como los valores que atenúen las señales de radiofrecuencia sean ingresados en el software.

El software Ekahau Site Survey proporciona una librería con valores genéricos de la atenuación de radiofrecuencia para las obstrucciones comunes. Cada obstrucción es usada para agregar pérdidas que serán representadas en decibelios (dB). Mientras que esta herramienta proporciona indicaciones útiles para pérdidas típicas, para un mejor y exacto modelado se requeriría visitar el sitio donde se implementará la red inalámbrica y medir las pérdidas reales en el edificio. Al registrar con precisión las pérdidas e ingresarlas al modelo de predicción del software, se obtiene un diseño mucho más preciso que podrá ser utilizado en el diseño final de la red inalámbrica.

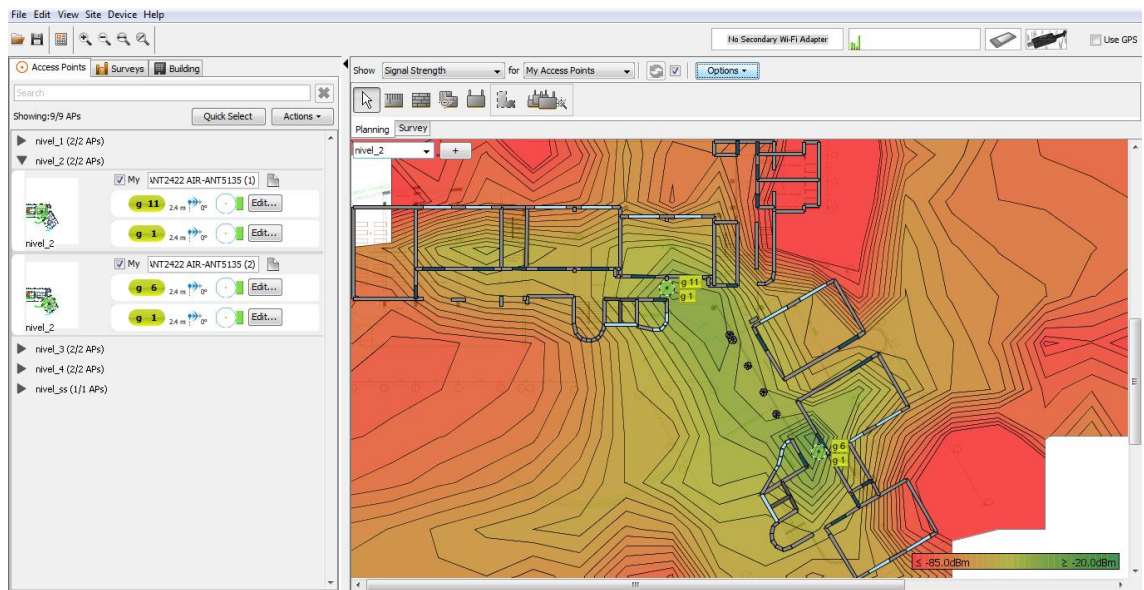


Figura 2.17. Captura de pantalla Software Ekahau

Fuente: Elaboración Propia.

**CAPÍTULO III**  
**MATERIALES Y**  
**PROCEDIMIENTOS**

### **3.1. MATERIALES**

#### **3.1.1. Población y Muestra**

- La población relacionada a la presente investigación está conformada por todos los posibles niveles de señal que se obtienen dentro del pabellón G campus UPAO Trujillo.
- Con el empleo de una herramienta de software se podrán recoger 100 muestras de señal por cada piso y 70 en el semisótano, lo cual haría un total de 970 muestras que serán empleadas como elementos de comparación antes y después del aumento del número de Puntos de acceso.

#### **3.1.2. Unidad de Análisis**

Comportamiento del nivel de señal recibido en la Red inalámbrica  
WIFI\_UPAO Pabellón G – Campus UPAO I

### **3.2. MÉTODOS**

#### **3.2.1. Nivel de investigación**

El nivel de investigación propuesto en el proyecto es de tipo descriptiva. Se va a caracterizar una comparación del nivel de señal de la red WIFI\_UPAO recibido en computadoras portátiles en el pabellón G, respecto a una posible mejora del nivel de señal, al aumentar y reubicar los puntos de acceso, utilizando un software de simulación.

### **3.2.2. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación propuesto en el proyecto es tipo documental. Se va a calibrar un software de simulación con datos recolectados del nivel de señal de la red WIFI\_UPAO en el pabellón G, y se estimará una mejora al aumentar y reubicar puntos de acceso, comparando y analizando los resultados provenientes de dichas simulaciones.

#### **Pasos:**

1. Recolección de información de la red WIFI\_UPAO en el pabellón G, levantamiento de Puntos de Acceso, medición de niveles de señal de red dentro del pabellón (Drive Test).
2. Simulación de la condición actual de la red, mediante la calibración del software Ekahau con los puntos de medición obtenidos.
3. Con la representación de la red, se procederá a realizar los cambios de aumento y reubicación de puntos de acceso en el software de simulación, según criterios de diseño de redes.
4. Se evaluará la mejora del nivel de señal en cada punto de muestra de la simulación con el aumento y reubicación de puntos de acceso.

### **3.2.3. Variables de Estudio y Operacionalización**

#### **Variable Independiente:**

- Ampliación y reubicación de puntos de acceso.

#### **Variable Dependiente:**

- Nivel de recepción de señal WIFI\_UPAO.

**a) Variable Independiente**

**Tabla 3.1 Operacionalización de la Variable Independiente**

| VARIABLE INDEPENDIENTE                                      | DEFINICION CONCEPTUAL   | DEFINICION OPERACIONAL   | INDICADORES                                  | INSTRUMENTO  | FÓRMULA | UNIDADES MEDIDA       |
|---|---|--|--|--|---------|-----------------------|
| Ampliación y reubicación de puntos de acceso del Pabellón G | La cantidad de equipos y su ubicación que proporcionan el acceso a los usuarios hacia los recursos de la red WIFI_UPAO del Campus UPAO Trujillo | La potencia y sensibilidad de un punto de acceso determina un área de cobertura sobre la cual los usuarios pueden acceder a los servicios de la Red WIFI_UPAO del Campus UPAO. | Potencia de Transmisión<br>Área de Cobertura | Resumen características técnicas Data Sheet<br>Software de análisis de redes | -----   | dBm<br>m <sup>2</sup> |
|   |   |  | Cantidad de Puntos Acceso en el Pab. G       | Guía de observación  | -----   | Nº Puntos de Acceso   |
|   |   |  | Ubicación de puntos de acceso en el Pab. G   | Plano de red   | -----   | --                    |

Fuente: Elaboración Propia



**b) Variable Dependiente**

**Tabla 3.2 Operacionalización de la Variable Dependiente**

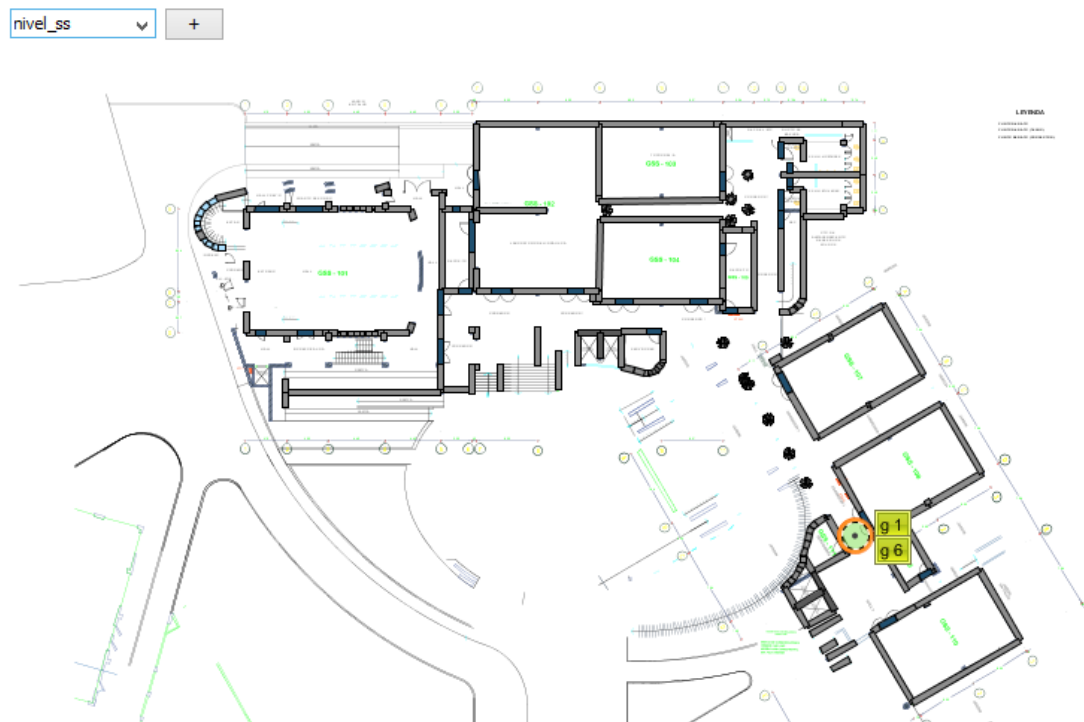
| VARIABLE DEPENDIENTE        | DEFINICION CONCEPTUAL   | DEFINICION OPERACIONAL   | INDICADORES                        | INSTRUMENTO                              | FÓRMULA | UNIDADES MEDIDA |
|-----------------------------|---|--|------------------------------------|--|---------|-----------------|
| Niveles de señal recibidas. | Hace referencia al nivel de potencia obtenido en computadoras portátiles conectadas a la red inalámbrica WIFI_UPAO, bajo estándar 802.11g en el pabellón g de Ingeniería - UPAO | Los niveles de señal recibidos permiten la clasificación de las áreas de cobertura en zonas de alta, media y baja calidad de señal | Niveles de señal con alta calidad  | Reporte de Software de análisis de redes | -----   | dBm             |
|                             |   |  | Niveles de señal con calidad media | Reporte de Software de análisis de redes | -----   | dBm             |
|                             |   |  | Niveles de señal con baja calidad  | Reporte de Software de análisis de redes | -----   | dBm             |

Fuente: Elaboración Propia

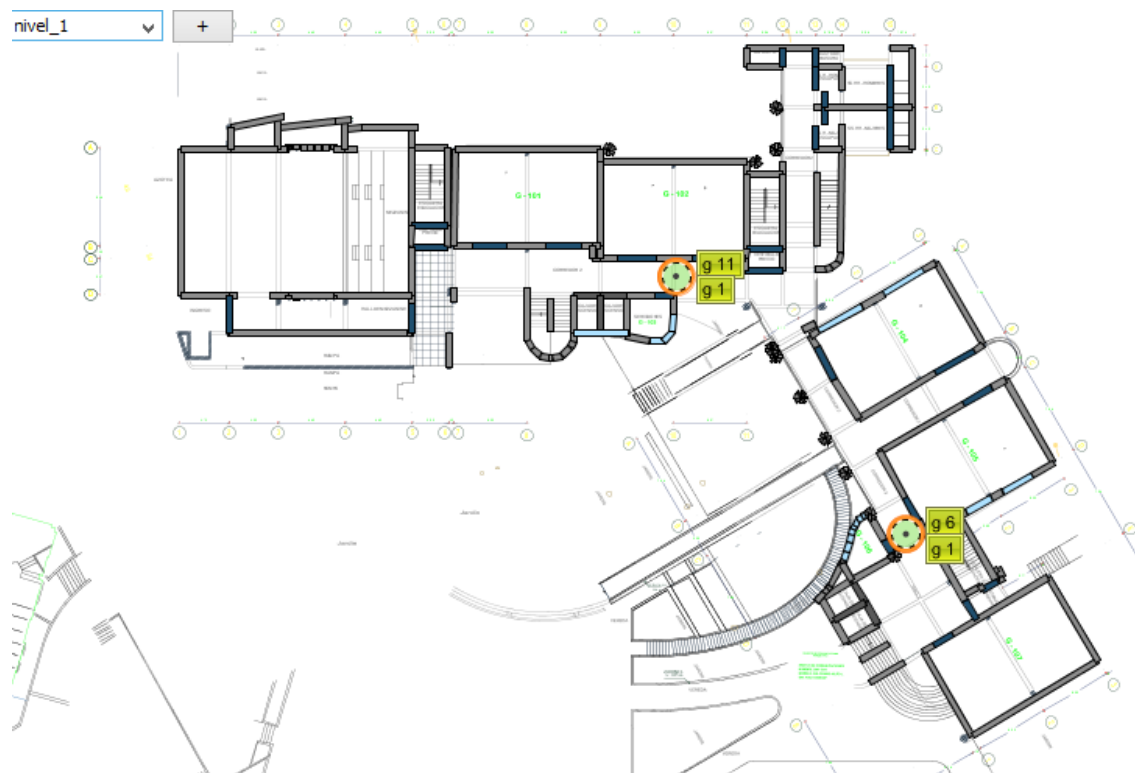
### 3.2.4. Instrumentos de Recolección de Datos

#### a. Distribución de la red WIFI\_UPAO según Drive Test.

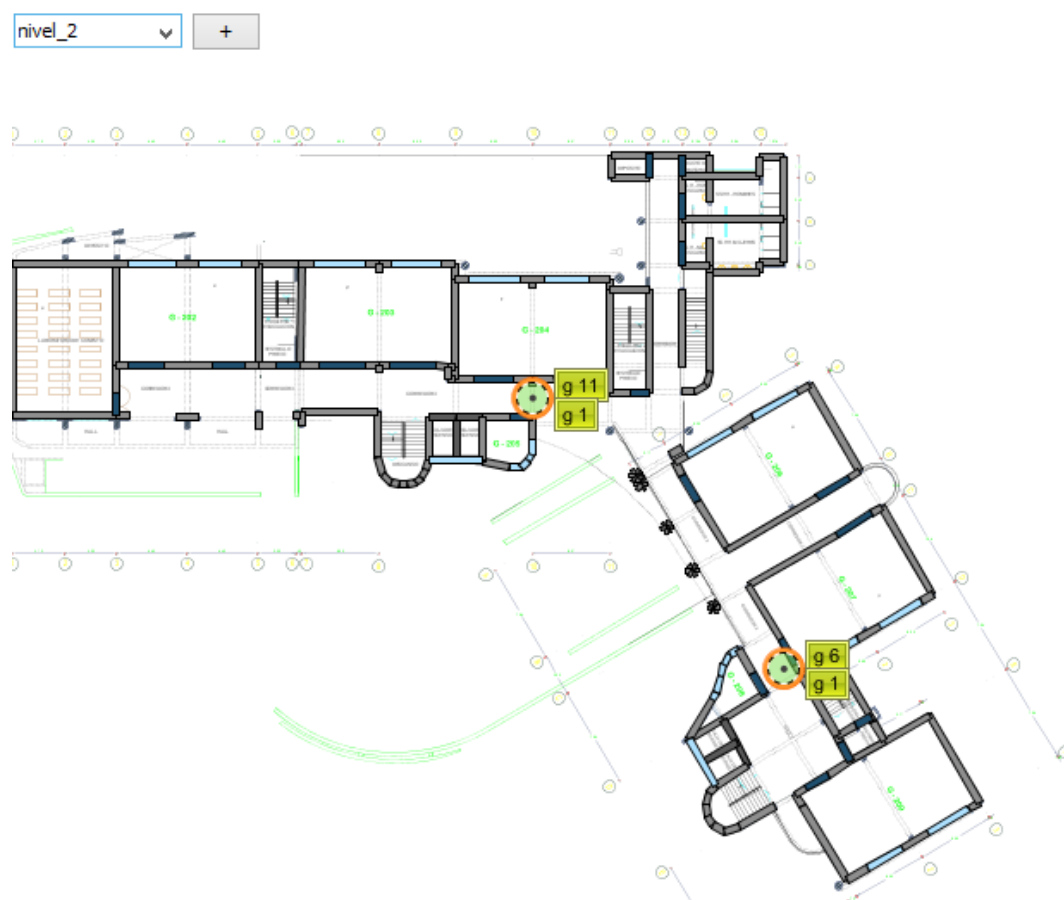
De acuerdo al drive test realizado y mostrado en el punto 1.1.2.d, nos permitió conocer la ubicación y cantidad de Puntos de Acceso dentro del pabellón G y corroborarlos con los planos originales. Además, se pudo representar las condiciones del pabellón, la distribución de objetos o salones provisionales, el tipo de material por el que están conformados, etc.



*Figura 3.1:* Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Semi Sótano



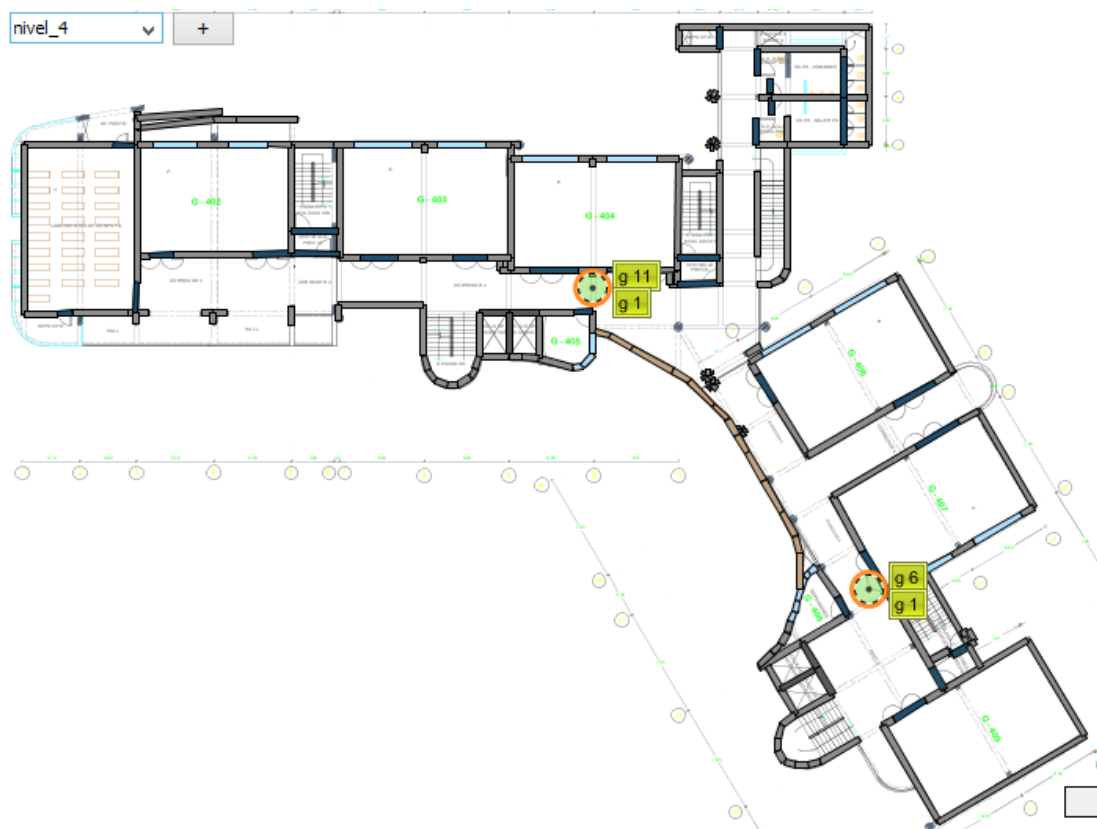
*Figura 3.2: Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Primer Piso*



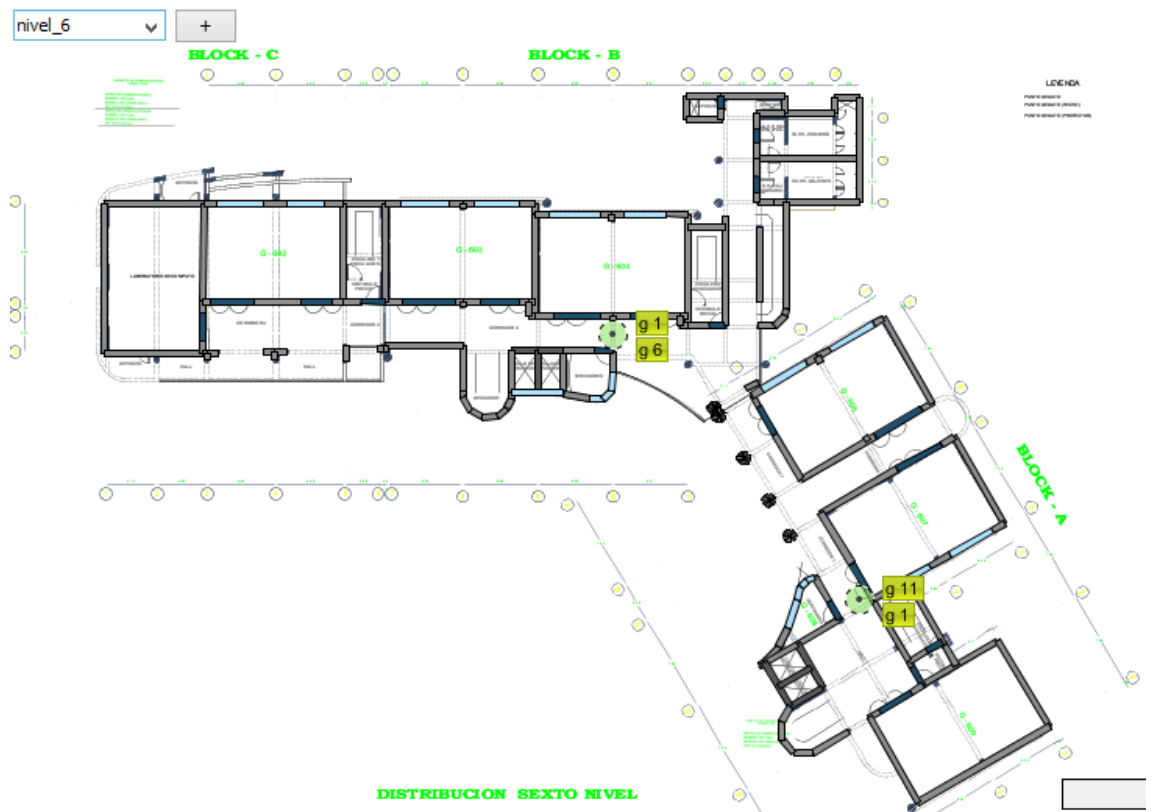
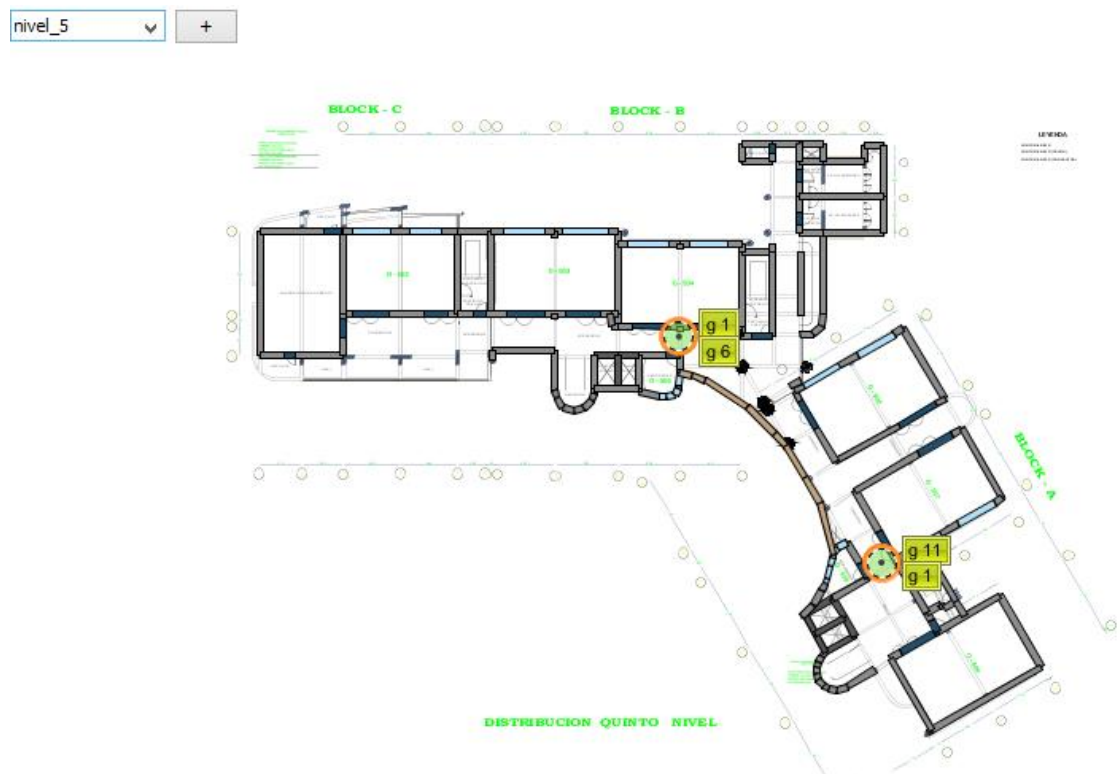
*Figura 3.3: Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Segundo Piso*

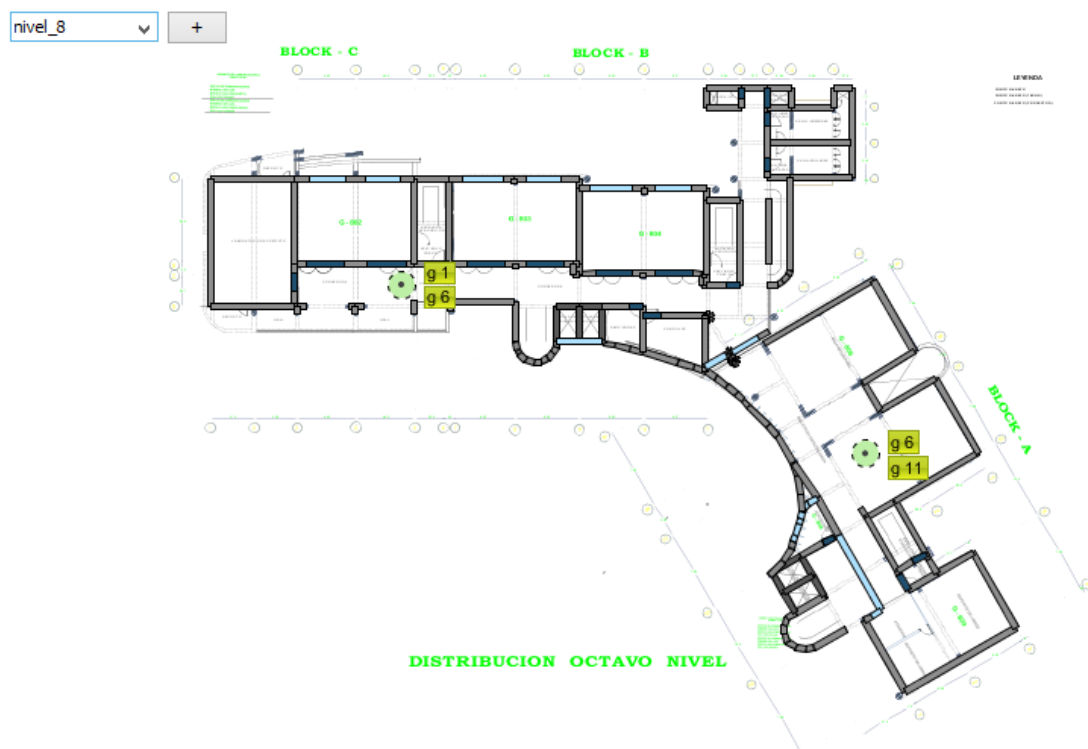
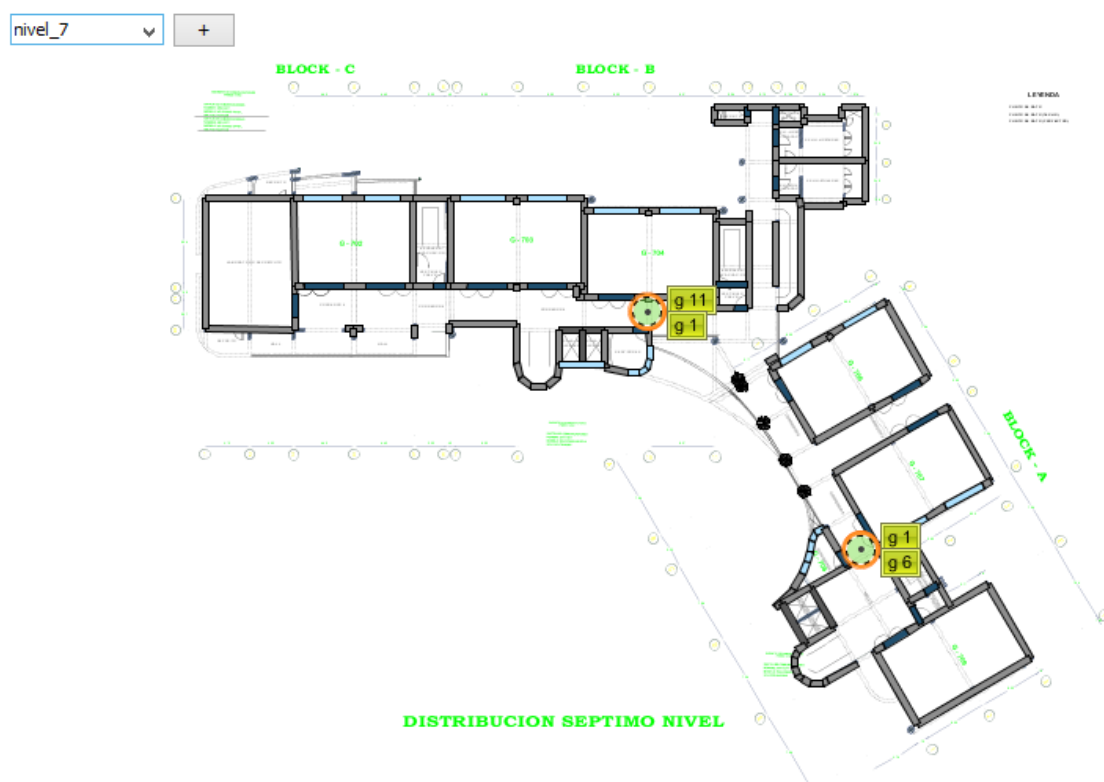


*Figura 3.4: Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Tercer Piso*



*Figura 3.5: Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Cuarto Piso*





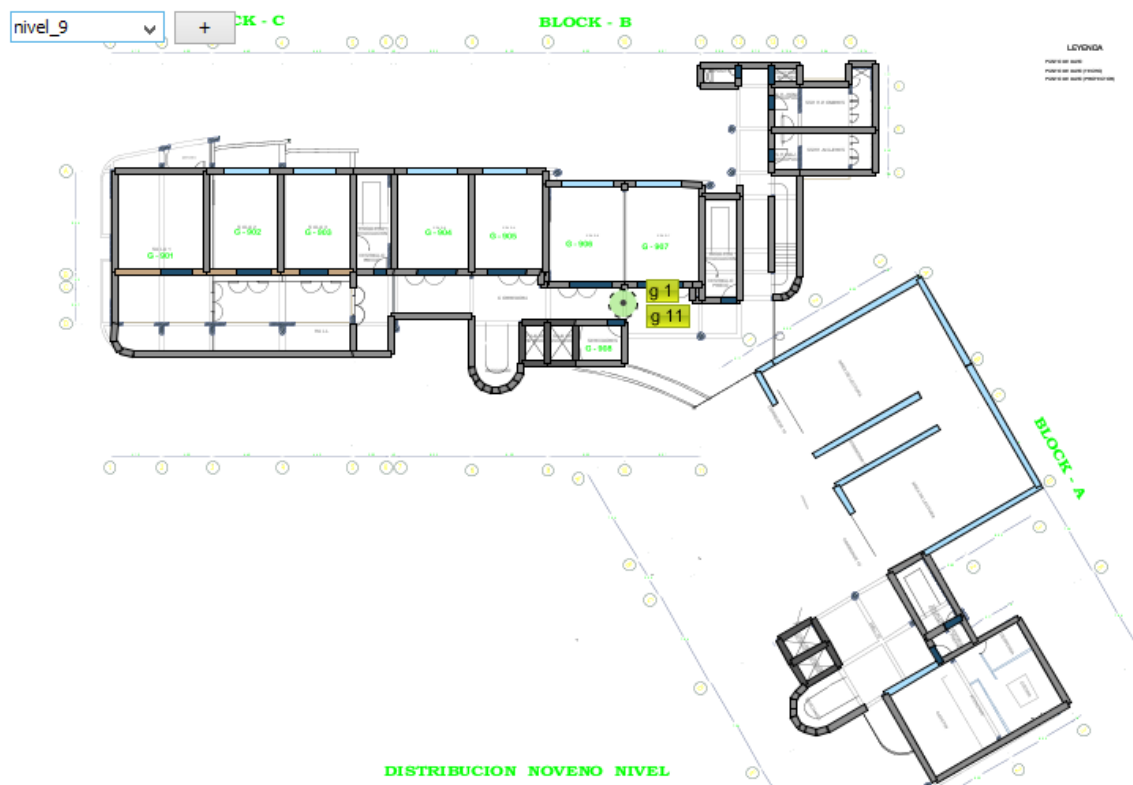


Figura 3.10: Distribución de Puntos de Acceso Pabellón G– Noveno Piso

### 3.2.5. Técnicas y procesamiento de Datos

#### a. Simulación de los niveles de señal de la Red WIFI\_UPAO en el interior del Pabellón G.

Se procedió a calibrar la herramienta Ekahau Site Survey, según los datos de los niveles de señal obtenidos del Drive Test, con 5 puntos de nivel de señal tomados en cada salón, 2 tomados afuera de cada salón y la posibilidad de importar y simular las escalas del plano de cada piso, material y ubicación de las paredes y objetos, modelo y características de los Access Points, entre otros, nos permitieron representar las condiciones del pabellón y los niveles de señal de manera fiel.

En la siguiente tabla podemos observar un ejemplo de los niveles de señal tomados en el Drive Test, comparados con los obtenidos por la simulación del Software Ekahau. Los valores de todos los pisos se encuentran en el Anexo 04.

**Tabla 3.3. Comparación de niveles de señal según drive test y según simulación, Piso 7.**

| Nº Punto | Drive Test (dBm) | Simulación (dBm) | Error (%) |
|----------|------------------|------------------|-----------|
| 1        | -82              | -82              | 0%        |
| 3        | -82              | -82              | 0%        |
| 5        | -74              | -76              | 2%        |
| 7        | -76              | -76              | 0%        |
| 9        | -72              | -72              | 0%        |
| 10       | -82              | -82              | 0%        |
| 12       | -82              | -82              | 0%        |
| 14       | -76              | -78              | 2%        |
| 16       | -74              | -74              | 0%        |
| 18       | -70              | -72              | 2%        |
| 19       | -68              | -70              | 2%        |
| 22       | -64              | -66              | 2%        |
| 30       | -78              | -80              | 2%        |
| 32       | -70              | -70              | 0%        |
| 34       | -68              | -70              | 2%        |
| 36       | -66              | -70              | 4%        |
| 38       | -60              | -62              | 2%        |
| 39       | -56              | -64              | 8%        |
| 42       | -50              | -58              | 8%        |
| 43       | -64              | -66              | 2%        |
| 45       | -68              | -68              | 0%        |
| 47       | -56              | -56              | 0%        |
| 49       | -48              | -52              | 4%        |
| 51       | -52              | -54              | 2%        |
| 53       | -38              | -50              | 12%       |
| 57       | -40              | -48              | 8%        |
| 58       | -48              | -50              | 2%        |
| 59       | -72              | -72              | 0%        |
| 62       | -54              | -54              | 0%        |
| 63       | -56              | -54              | 2%        |
| 65       | -70              | -70              | 0%        |
| 67       | -64              | -62              | 2%        |
| 69       | -62              | -62              | 0%        |
| 71       | -68              | -66              | 2%        |
| 72       | -52              | -54              | 2%        |
| 74       | -60              | -60              | 0%        |
| 75       | -60              | -64              | 4%        |
| 76       | -42              | -50              | 8%        |
| 77       | -52              | -52              | 0%        |
| 79       | -58              | -60              | 2%        |



|     |     |     |    |
|-----|-----|-----|----|
| 81  | -54 | -58 | 4% |
| 83  | -46 | -48 | 2% |
| 85  | -70 | -70 | 0% |
| 86  | -38 | -46 | 8% |
| 90  | -52 | -52 | 0% |
| 92  | -58 | -60 | 2% |
| 94  | -78 | -80 | 2% |
| 96  | -68 | -70 | 2% |
| 98  | -64 | -66 | 2% |
| 100 | -82 | -80 | 2% |

De acuerdo a la tabla 3.4 se ha catalogado los puntos muestra de nivel de señal de la siguiente manera:

**Tabla 3.4: Categorización de los puntos de muestra del nivel de señal.**

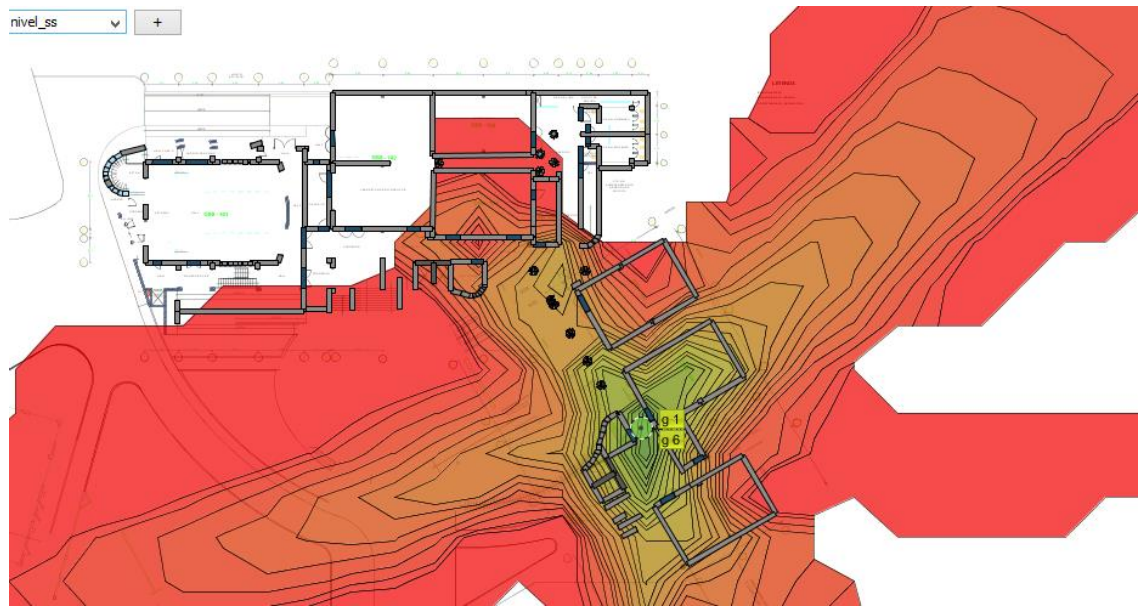
| Descripción | Color    | Nivel de Señal (-dBm) |
|-------------|----------|-----------------------|
| Muy Buenos  | Verde    | 30 – 67               |
| Buenos      | Amarillo | 68 – 70               |
| Malos       | Naranja  | 71 – 80               |
| Nulos       | Rojo     | 81 - <                |

Fuente: Elaboración propia

Tendiendo todo esto en consideración se logró simular las condiciones de cada piso del pabellón y los niveles de señal recibidos, con un máximo del 2% de error ( $\pm -2\text{dBm}$ )<sup>1</sup>, A continuación se muestra la simulación del nivel de señal en el Pabellón G, los puntos tomados por piso y su categorización según la tabla 3.3, propuesta anteriormente.

---

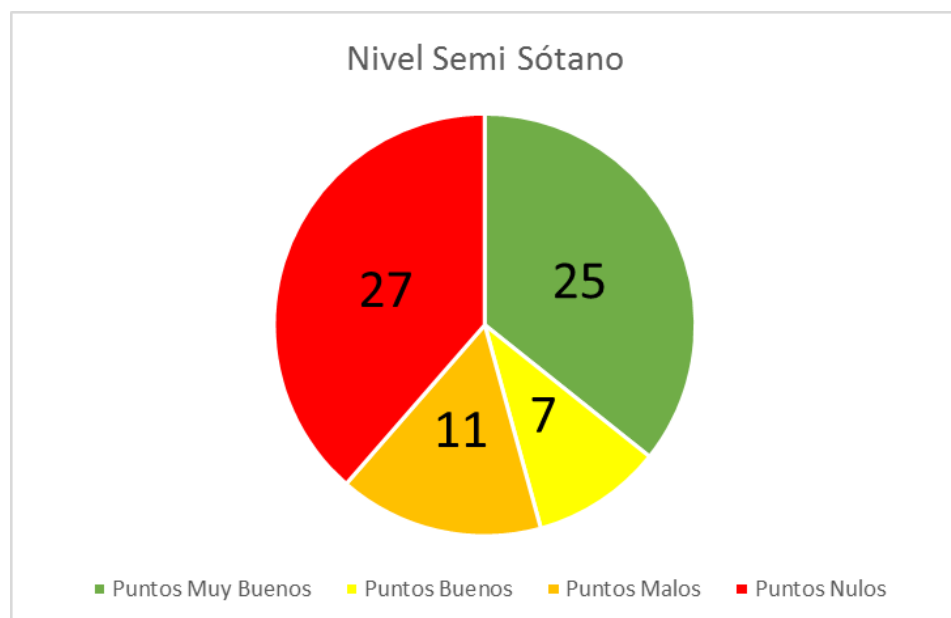
<sup>1</sup> Los archivos de simulación se pueden encontrar en la versión digital de la presente investigación.



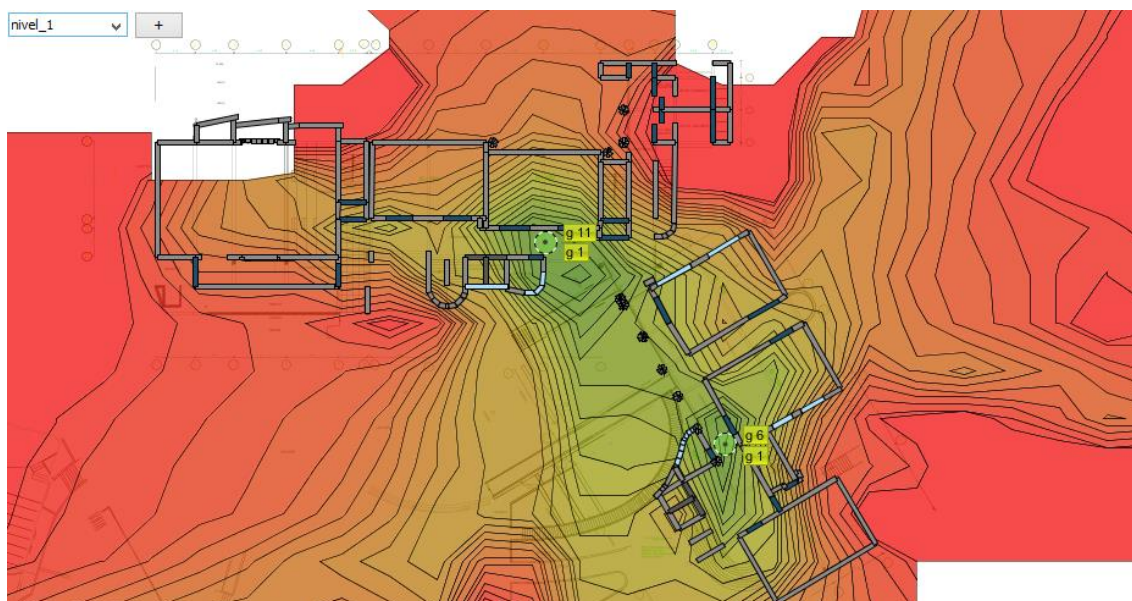
*Figura 3.11.* Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G - Semi Sótano (Sin auditorio)

Fuente: Elaboración propia

En el Semi Sótano, hay salones y laboratorios alejados del punto de acceso, además de un auditorio el cual tiene su propio punto de acceso y no se consideró para esta investigación. A pesar de las dificultades, se logró tener una simulación muy similar a los niveles de señal actuales.



*Gráfico 3.1.* Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Semi Sotano  
(Sin auditorio)

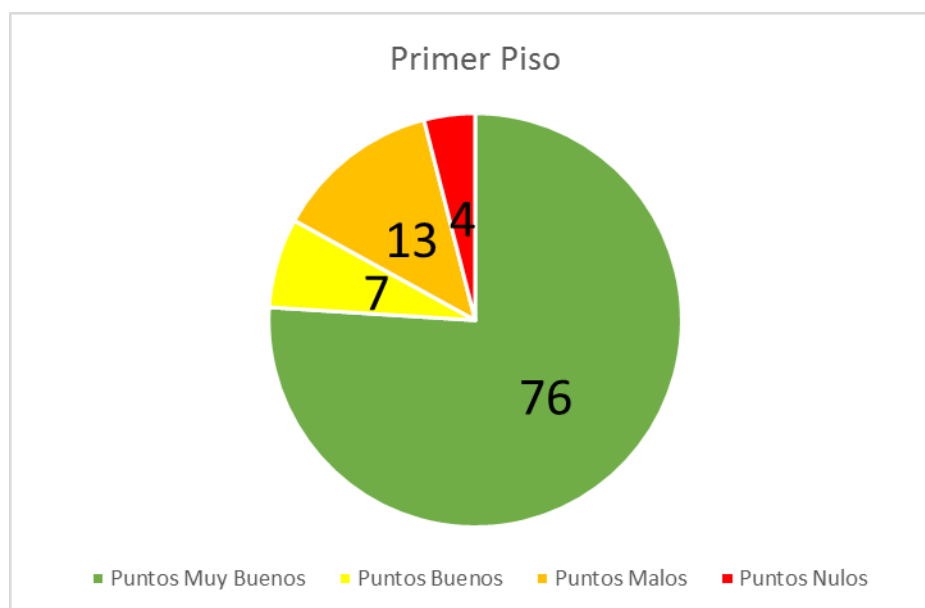


*Figura 3.12.* Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red

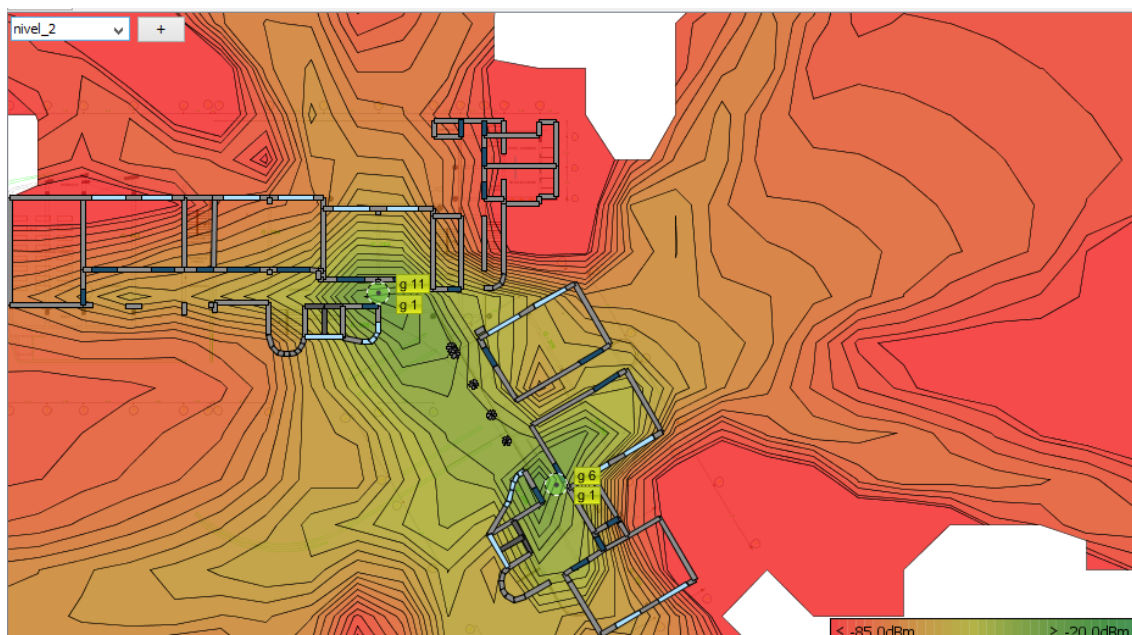
WIFI\_UPAO Pab. G – Primer Piso

Fuente: Elaboración propia

En primer nivel, existen dos puntos de acceso, los cuales dan cobertura a 3 salones cercanos, pero no cubren los salones G101 y G102, que son las zonas más afectadas por bajos niveles de señal de cada piso debido a la lejanía a los puntos de acceso y la cantidad de muros de concreto que intervienen en la señal; los baños y salones administrativos también son afectados.



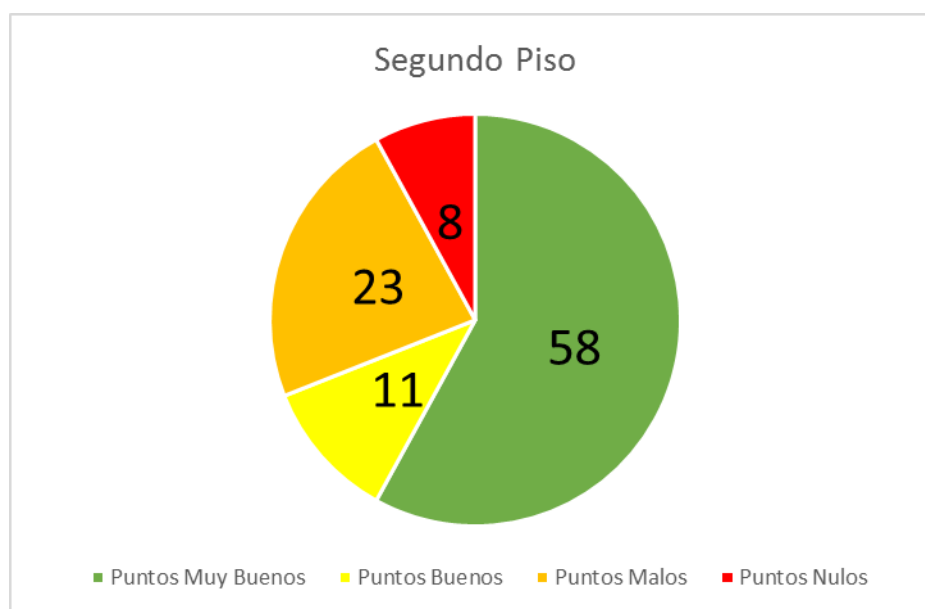
*Gráfico 3.2.* Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Primer Piso



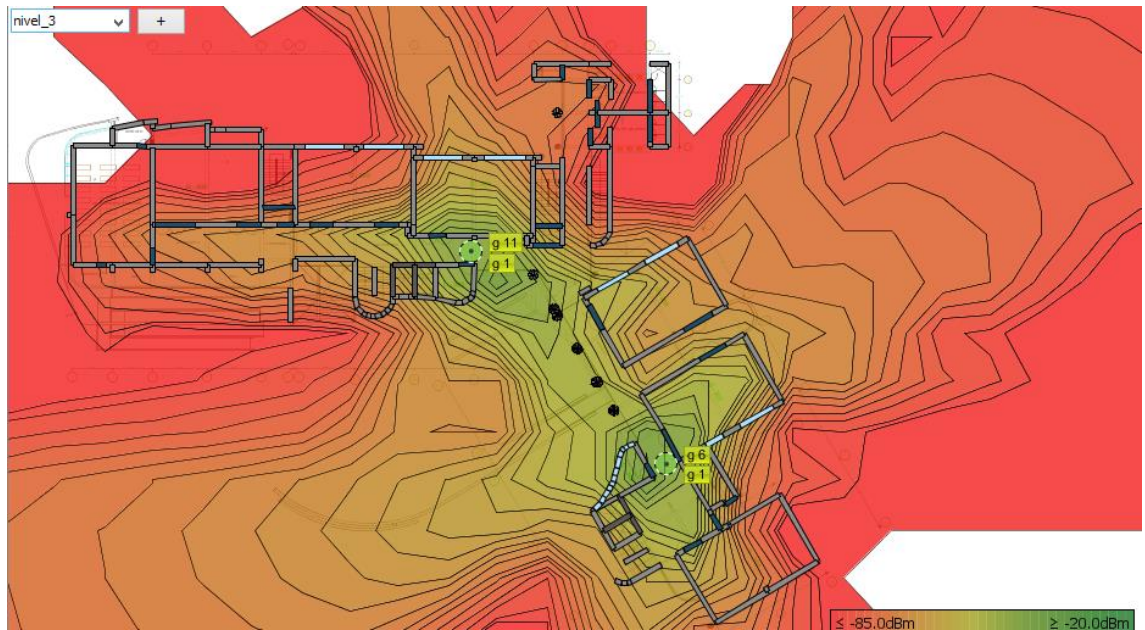
*Figura 3.13.* Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G –Segundo Piso

Fuente: Elaboración propia

El segundo piso, similar al primero, presenta bajos niveles de señal en los salones 201, 202 y 203, por las condiciones antes mencionadas, a pesar de eso, el salón 207, cuenta con buenos niveles de señal, un promedio de -40 dBm.



*Gráfico 3.3.* Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Segundo Piso

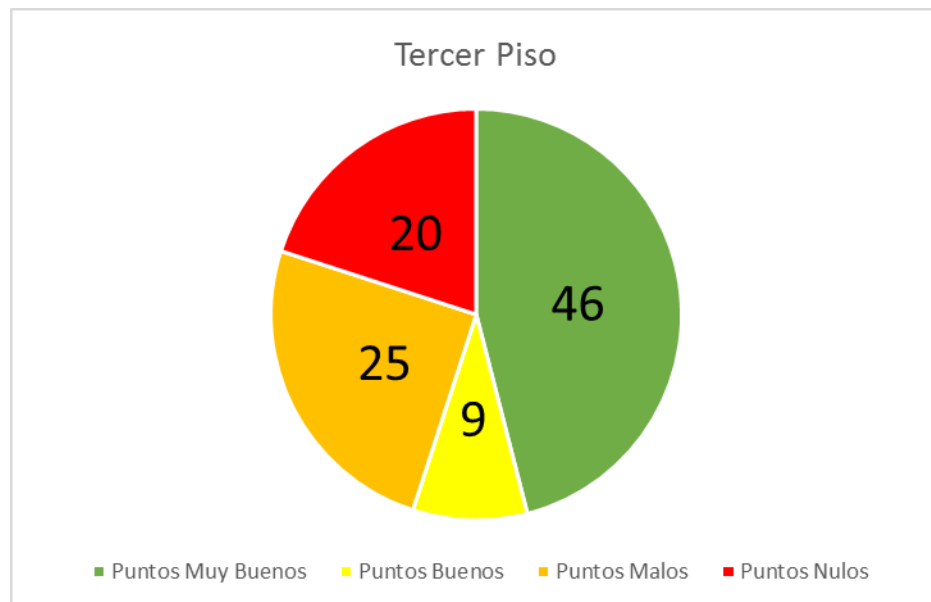


*Figura 3.14.* Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red

WIFI\_UPAO Pab. G –Tercer Piso

Fuente: Elaboración propia

El tercer piso cuenta con condiciones similares a los dos anteriores, hasta perdiendo rastro de la señal en las zonas de los salones 301 y 302. Cabe mencionar que hay una puerta hacia escaleras de emergencia, que también influye en la propagación de la señal.



*Gráfico 3.4.* Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Tercer Piso



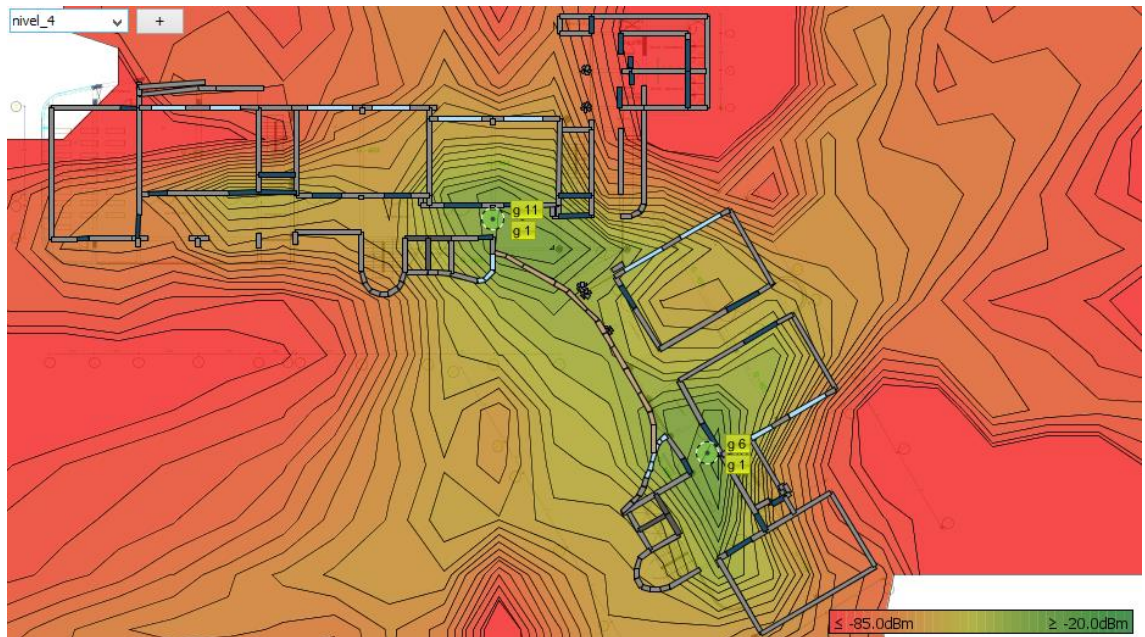


Figura 3.15. Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red

WIFI\_UPAO Pab. G –Cuarto Piso

Fuente: Elaboración propia

En el cuarto piso se puede apreciar un cambio en la estructura del pabellón, presentando una pared en la parte central, lo que influye en los niveles de señal en los salones cercanos a los puntos de acceso como se ve en los pisos anteriores. Para la simulación se utilizó “Dry Wall” de material de la pared para tener condiciones similares a las reales (pared de concreto, pero con varias ventanas a lo largo de su estructura).

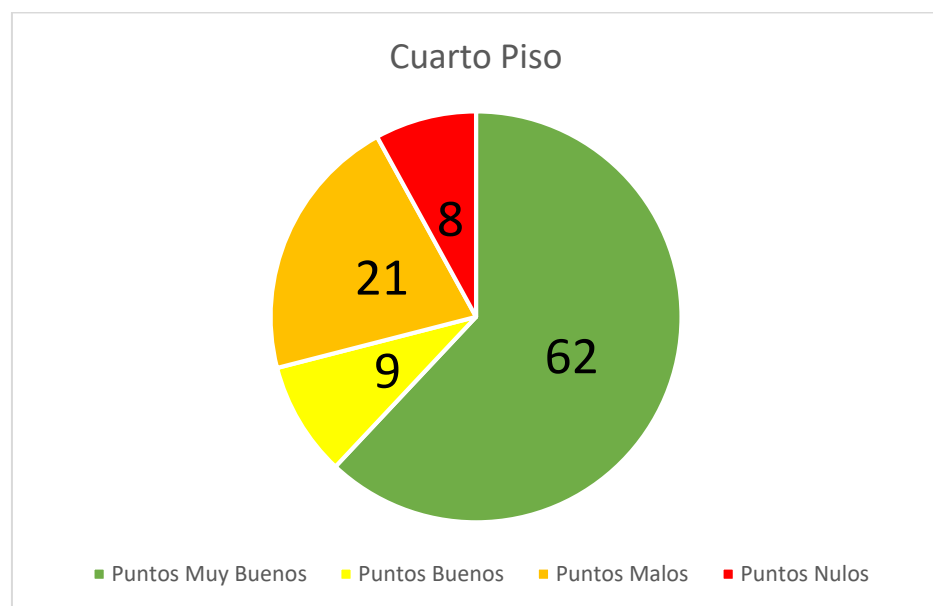
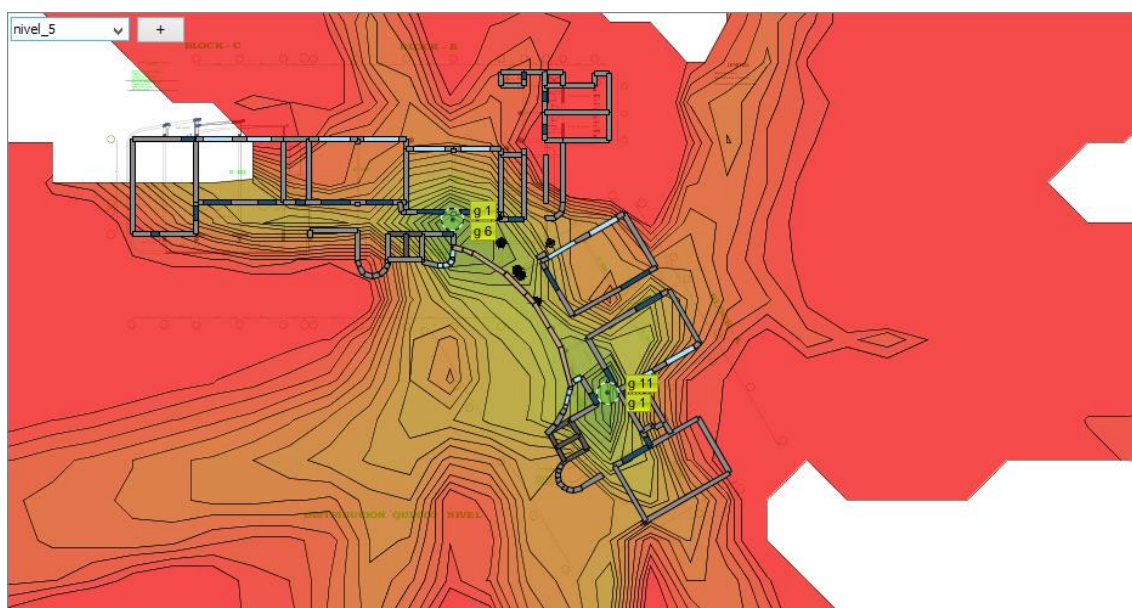


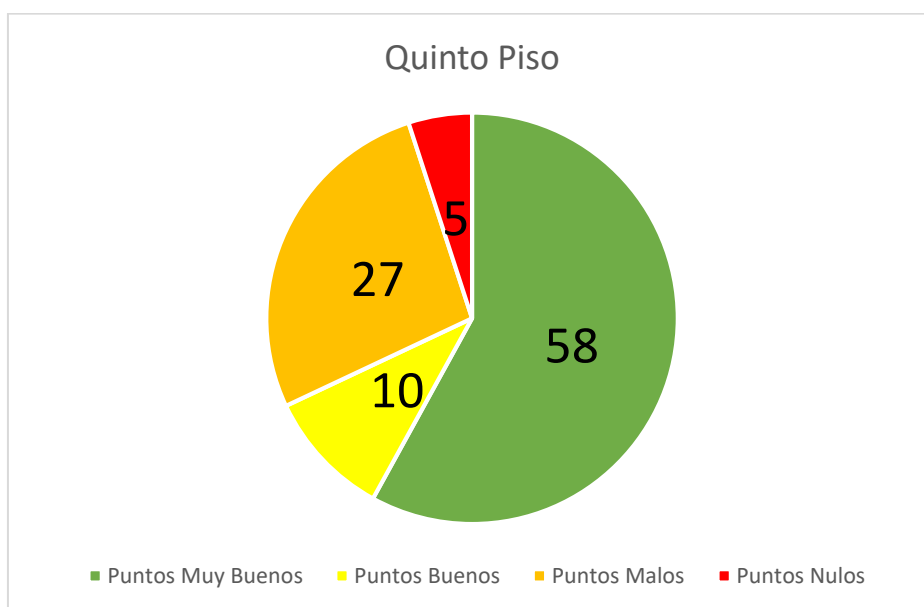
Gráfico 3.5. Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Cuarto Piso



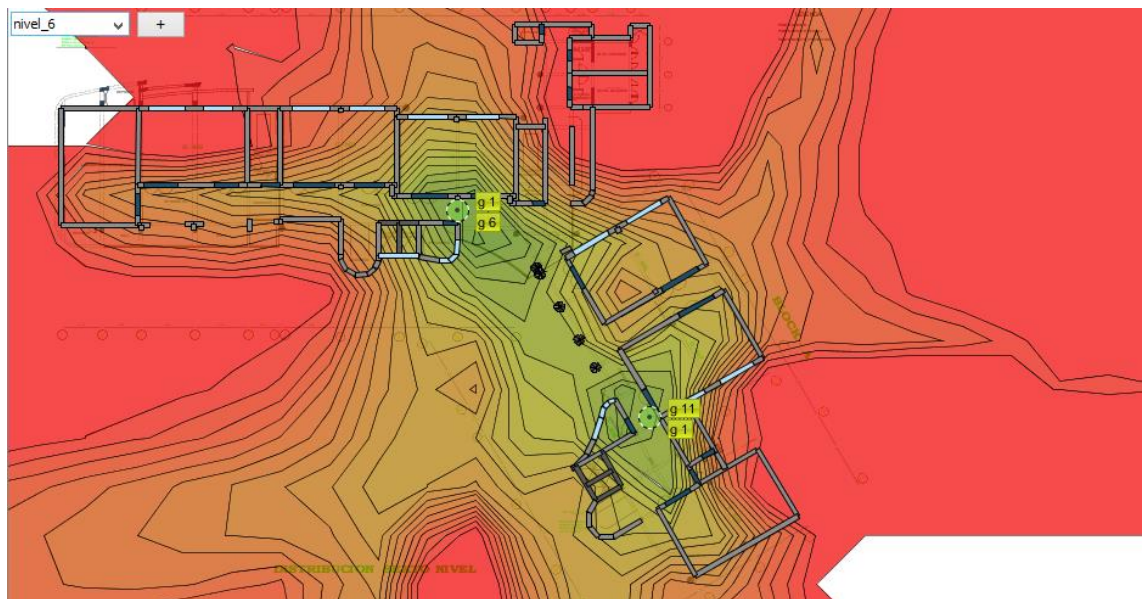
*Figura 3.16.* Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G –Quinto Piso

Fuente: Elaboración propia

Al igual que el piso anterior, el quinto piso presenta una pared con ventanas, lo que afecta el nivel de señal en los salones cercanos. Los balcones en ambas partes del pabellón, presentan niveles de señal de la red WIFI\_UPAO, pero con muchas variaciones, debido a la cantidad de señales que se cruzan en el aire.



*Gráfico 3.6.* Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Quinto Piso

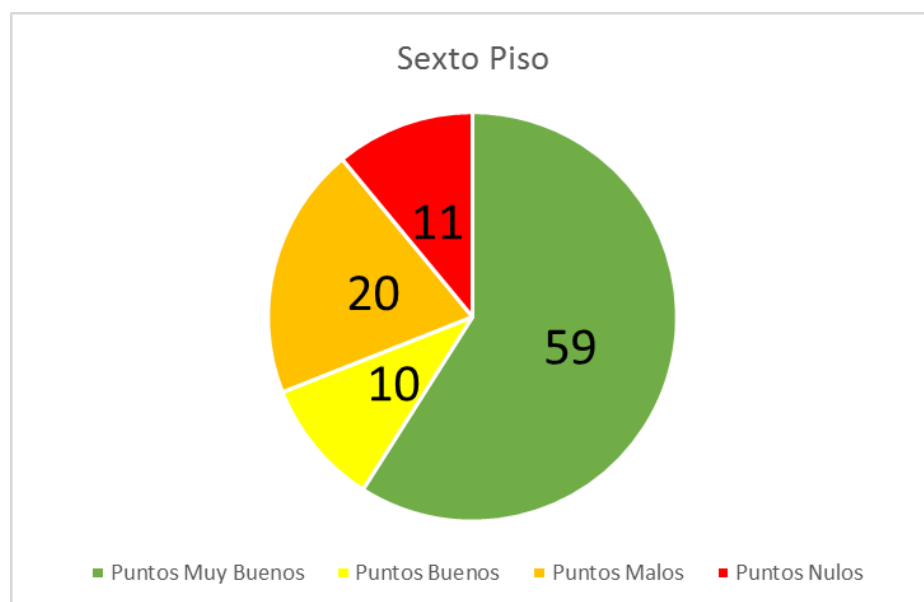


*Figura 3.17.* Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red

WIFI\_UPAO Pab. G –Sexto Piso

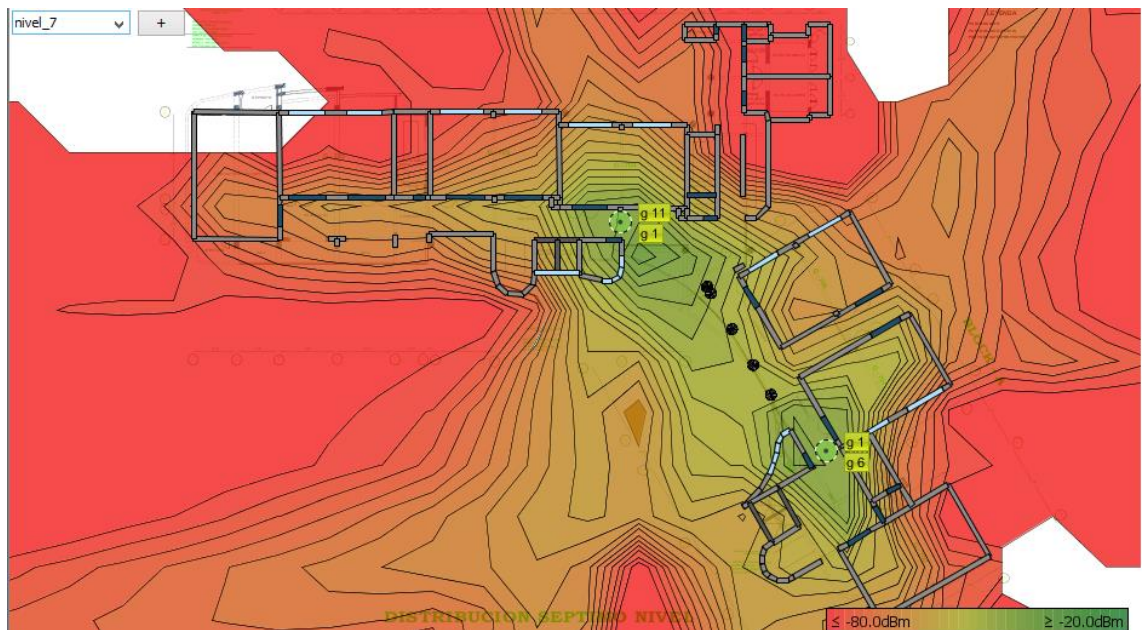
Fuente: Elaboración propia

En el sexto piso se puede encontrar condiciones similares a los 3 primeros, debido que ya no tiene una pared central. En la simulación de todos los niveles, se usó el material “Elevator wall” para los ascensores, dando una representación más real del comportamiento de la red.



*Gráfico 3.7.* Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Sexto Piso

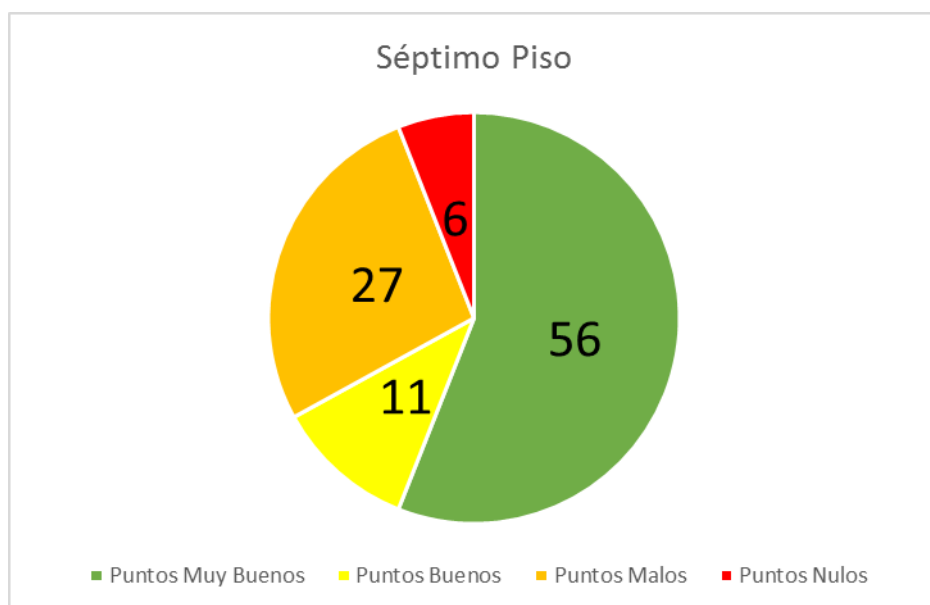




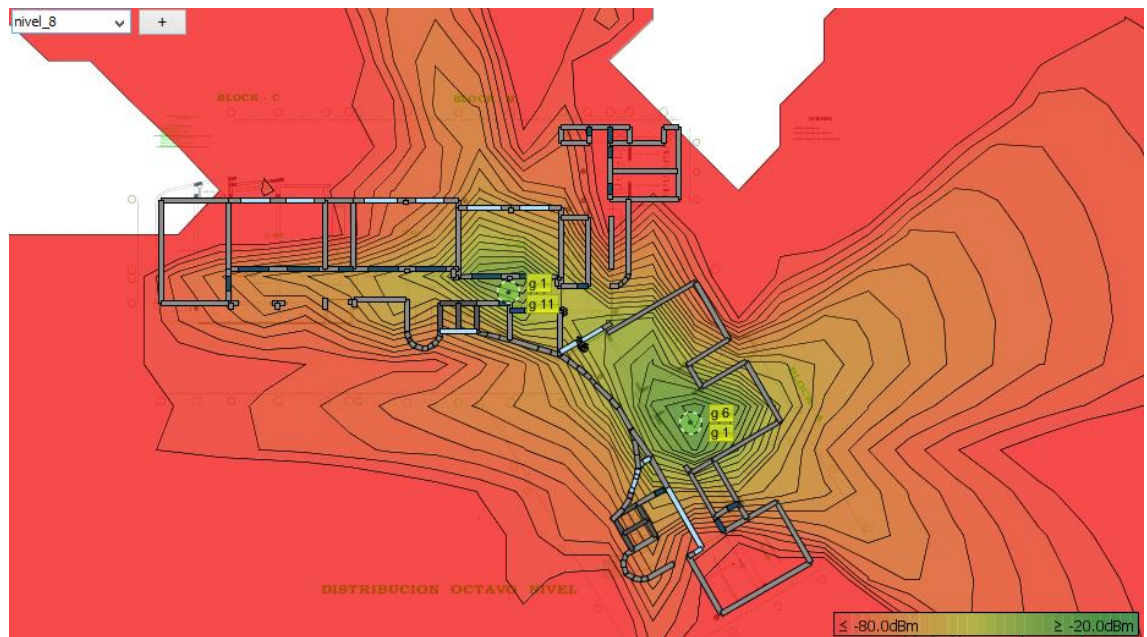
*Figura 3.18.* Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red  
WIFI\_UPAO Pab. G –Septimo Piso

Fuente: Elaboración propia

El séptimo piso, presenta condiciones similares al anterior, no se tuvo problemas mayores para calibrar el software a los niveles de señal reales.



*Gráfico 3.8.* Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Septimo Piso

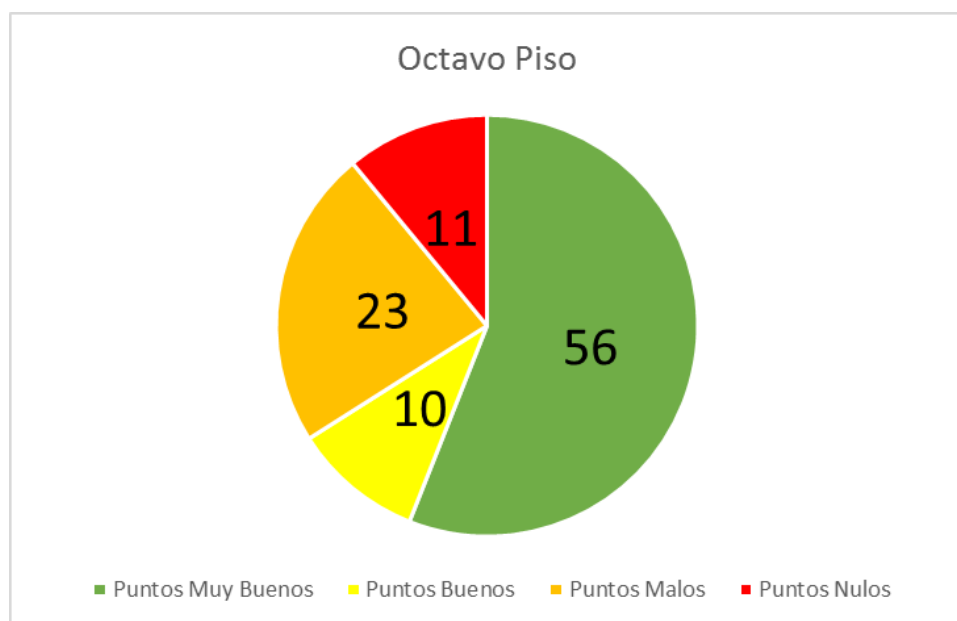


*Figura 3.19.* Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red

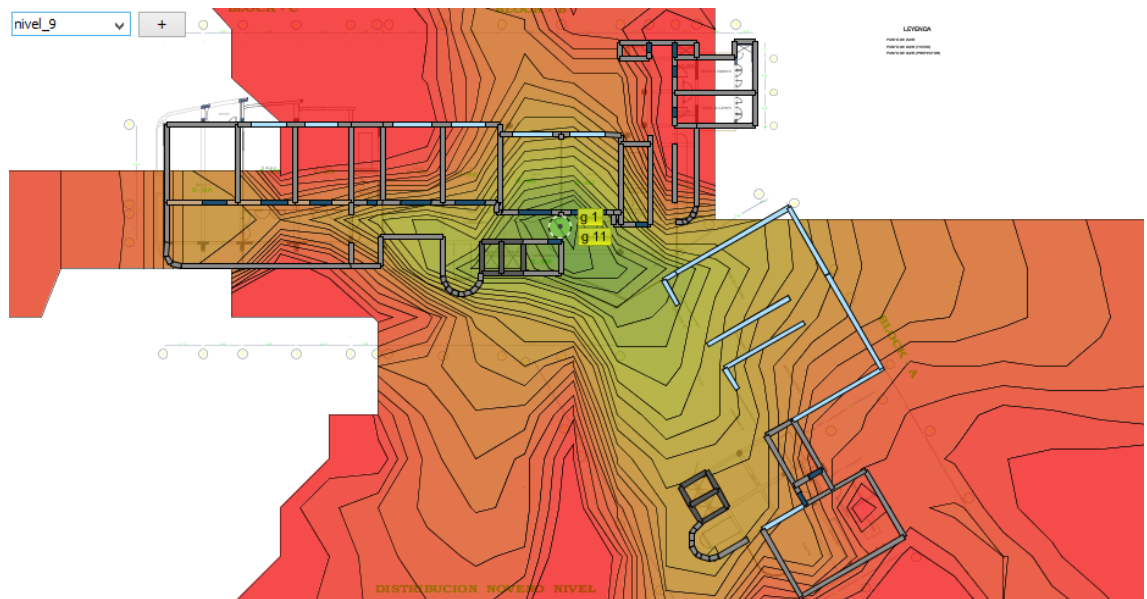
WIFI\_UPAO Pab. G –Octavo Piso

Fuente: Elaboración propia

El octavo piso es uno de los más afectados por los bajos niveles de señal, con un salón de clases con condiciones “buenas” de nivel de señal. El constante cambio de uso y estructura de este piso hizo dificultoso el proceso de simulación.



*Gráfico 3.9.* Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Octavo Piso

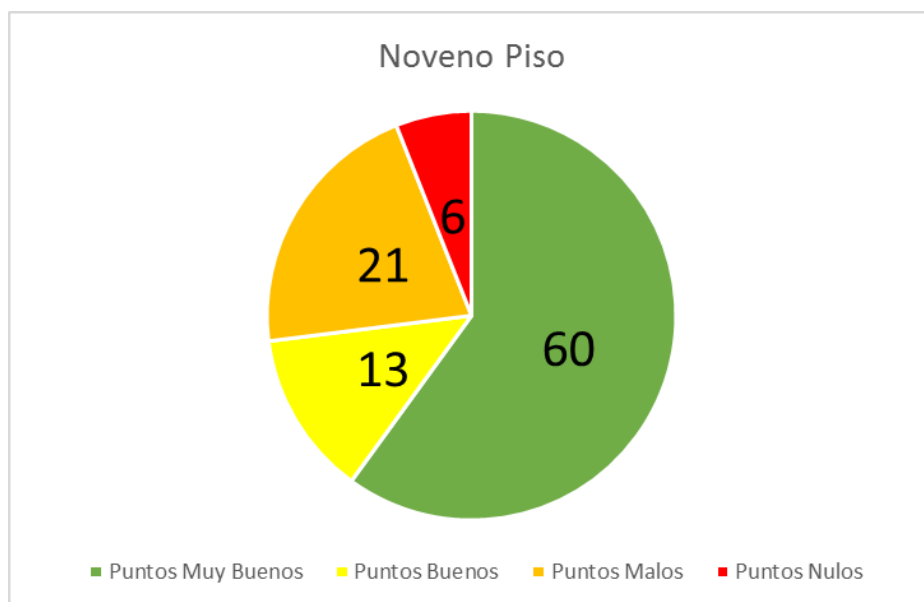


*Figura 3.20.* Captura de Pantalla, Simulación de nivel de señal de red

WIFI\_UPAO Pab. G –Noveno Piso

Fuente: Elaboración propia

El noveno piso, también presenta un solo punto de acceso, dando buenos niveles de señal a un salón y a un área de mesas que sólo está cubierto por lunas de fibra de vidrio. El cambio de estructura de este piso, especialmente en el lado oeste, también dificultó la simulación.



*Gráfico 3.10.* Puntos de muestra de nivel de señal Pab. G – Noveno Piso

## **b. Procedimiento de estimación de la mejora:**

### **b.1. Reubicación de puntos de acceso:**

Según los alcances teóricos mostrados en el punto 2.4.4 Se ha considerado mover los puntos de acceso dando prioridad de cobertura a los salones de clase, por lo tanto las reubicaciones de los AP, se han puesto cercanas a las puertas de los salones, para aprovechar el mínimo nivel de atenuación y el nivel recibido sea el máximo. Por ejemplo, una madera de grosor 5 cm tiene un -2dBm de atenuación.

También se ha considerado alejar los AP, de objetos metálicos que causan refracción de la señal<sup>2</sup>, y de posibles lugares donde se puedan instalar objetos en el futuro (Tableros eléctricos, tuberías, casilleros, etc.)

Como se ha mencionado anteriormente, todas las configuraciones se han hecho utilizando el estándar 802.11g, siendo el más usado por las computadoras portátiles.

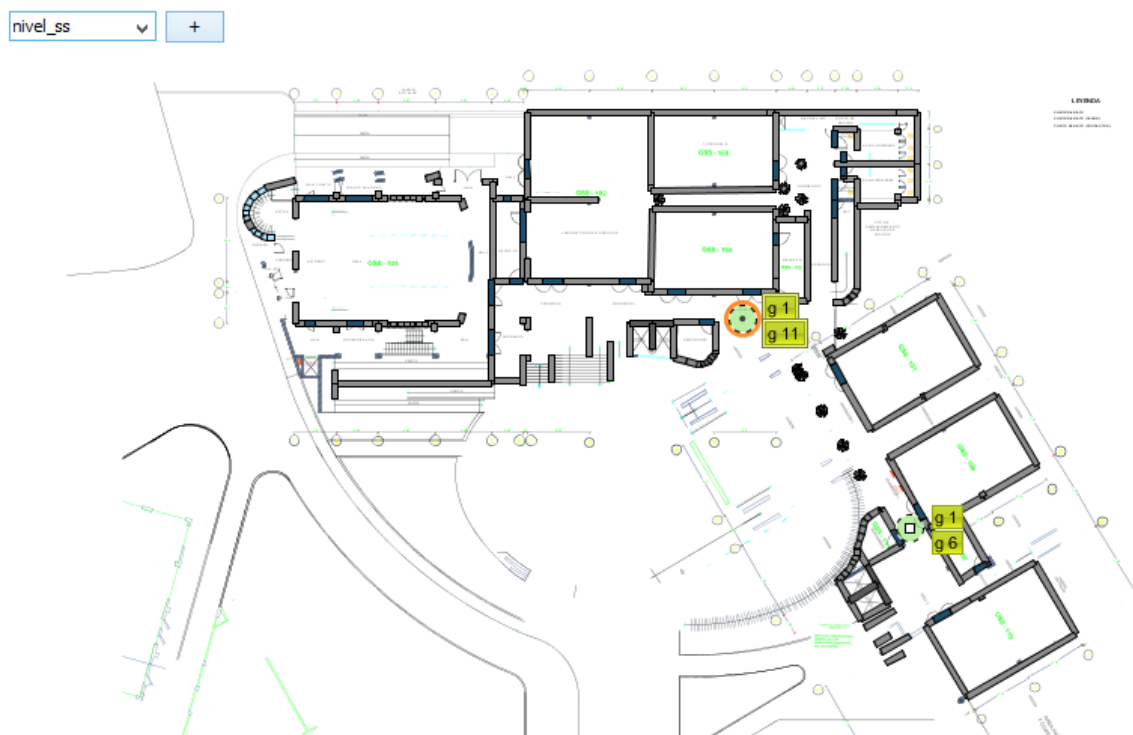
### **b.2. Aumento de puntos de acceso:**

Según los alcances teóricos, para el aumento de puntos de acceso se tuvo en cuenta, como ya se ha mencionado, la cobertura de los salones, distancia entre APs, la configuración para evitar la interferencia Co-Canal, interferencia por canal adyacente, entre otros.

Cabe mencionar, que se intentó mantener un número reducido de puntos de acceso con la misma tecnología de los existentes.

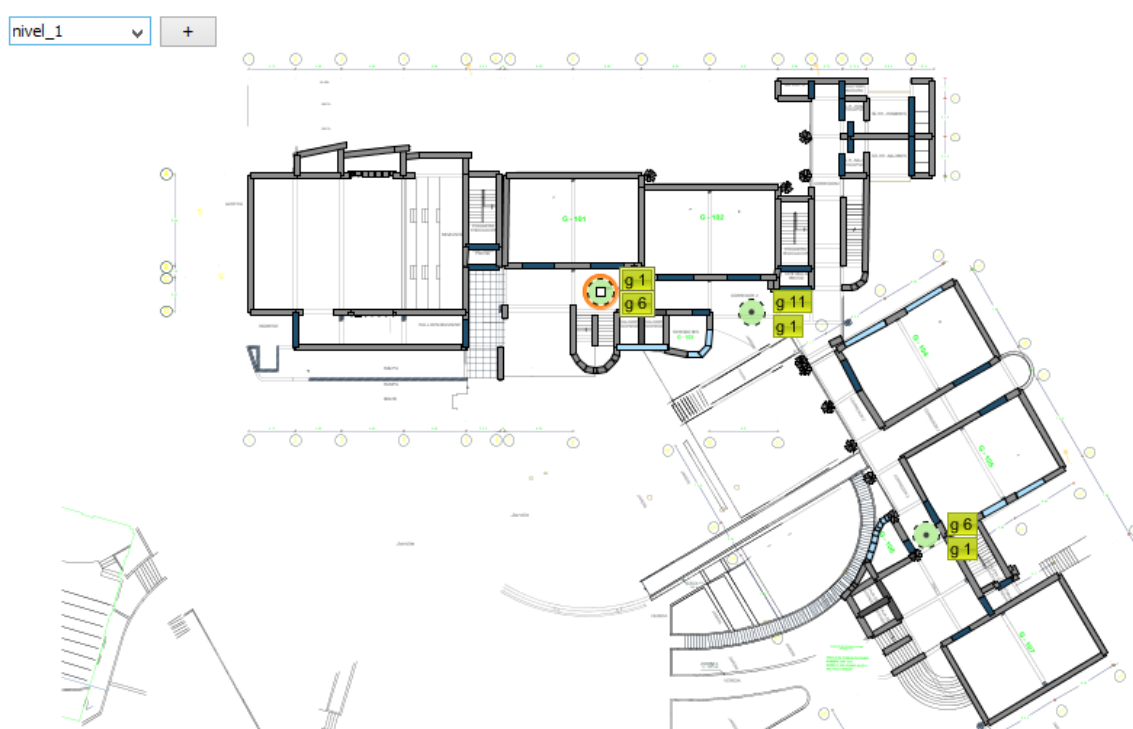
---

<sup>2</sup> Ver Marco Teórico 2.1.6



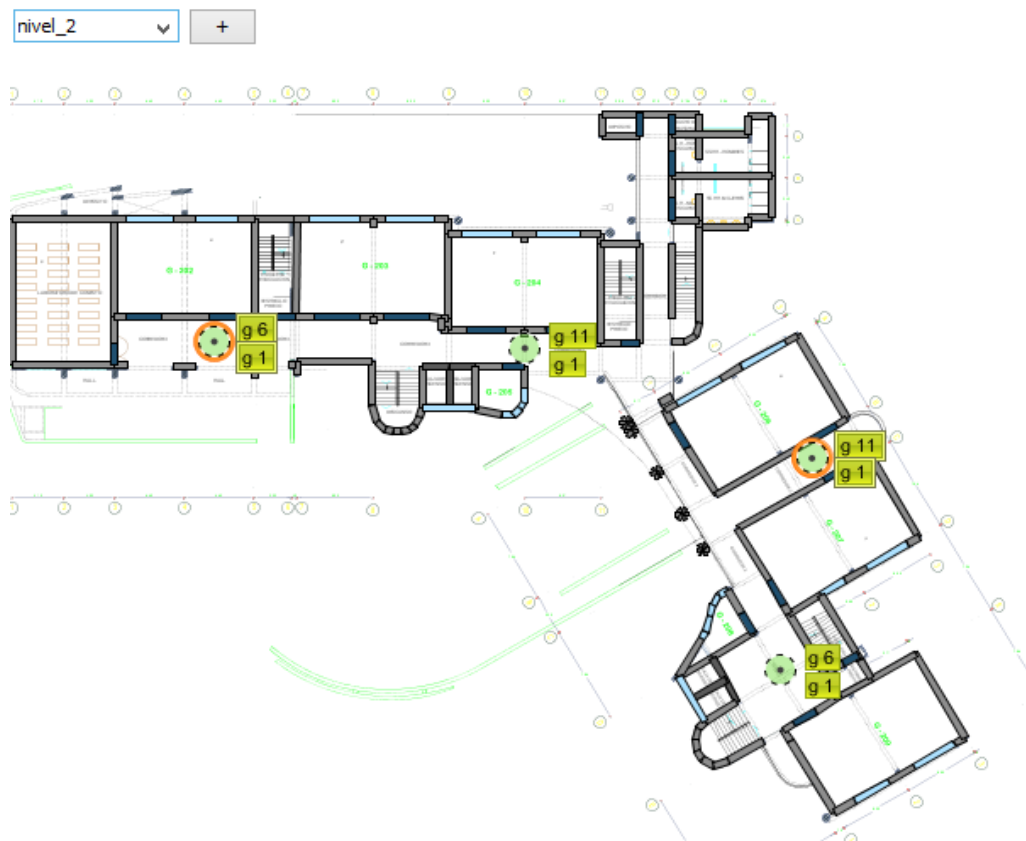
*Figura 3.21* Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Semi Sótano

Fuente: Elaboración propia



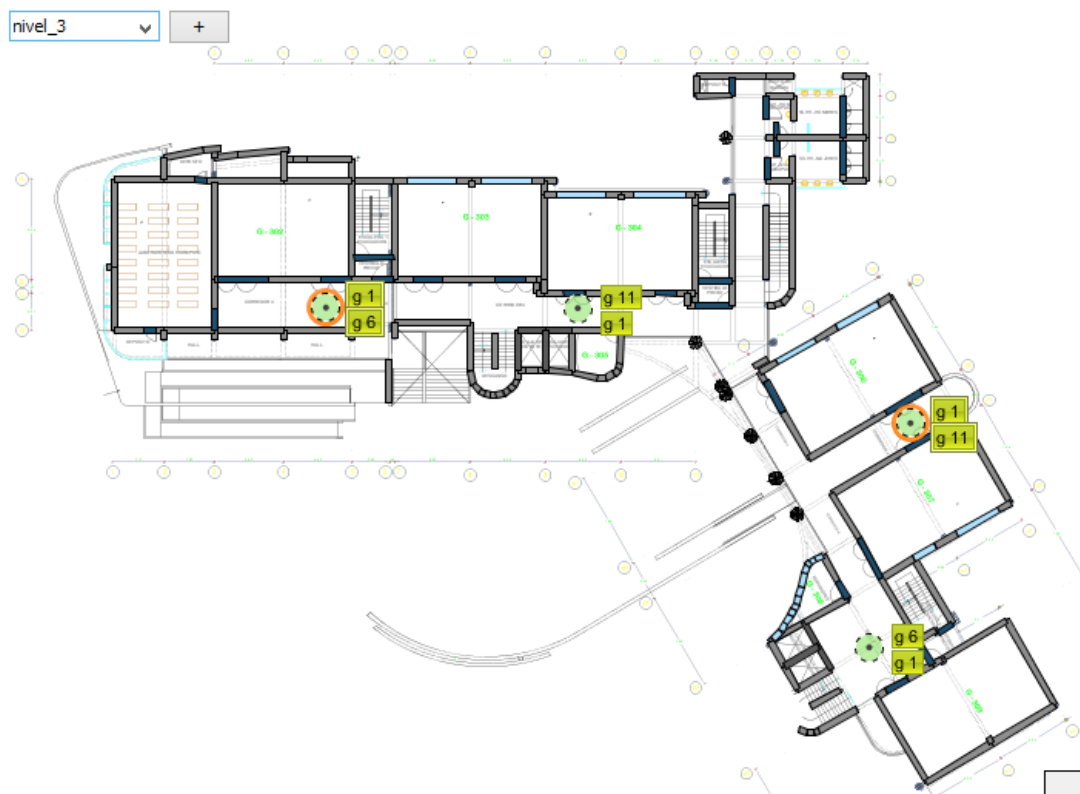
*Figura 3.22* Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Primer Piso

Fuente: Elaboración propia



*Figura 3.23* Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Segundo Piso

Fuente: Elaboración propia



*Figura 3.24* Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Tercer Piso

Fuente: Elaboración propia



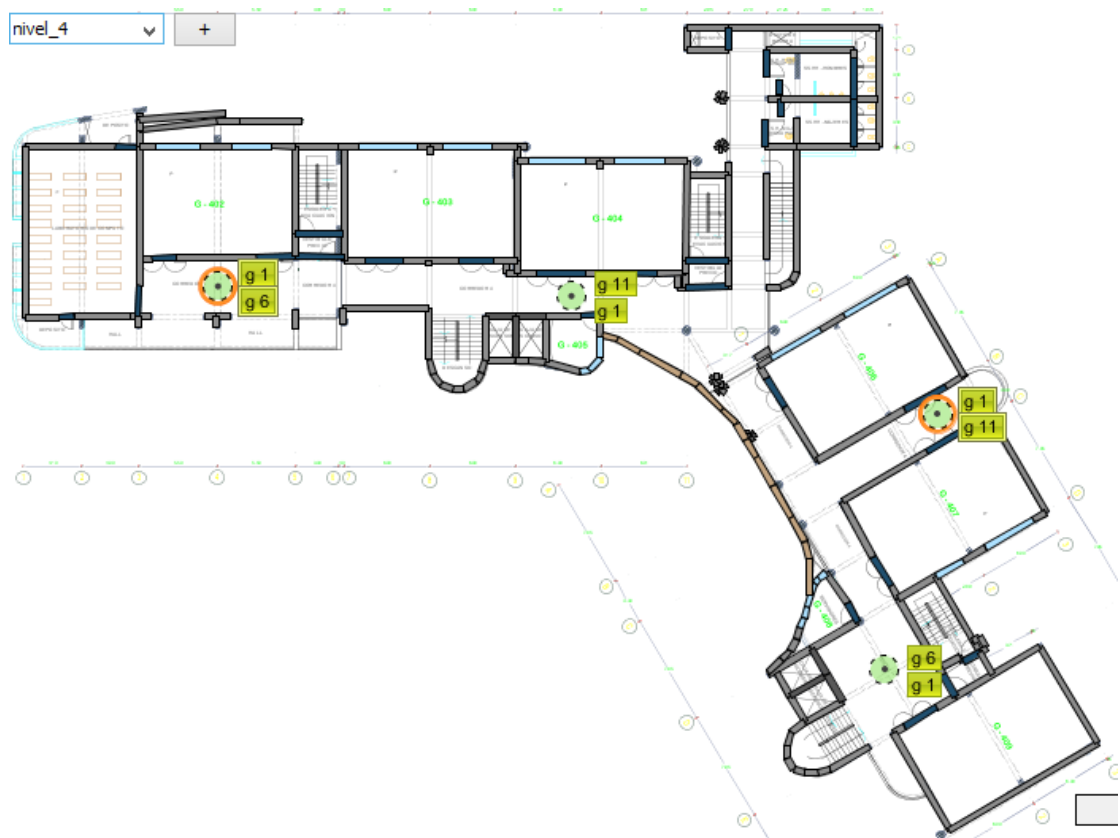


Figura 3.25 Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Cuarto Piso

Fuente: Elaboración propia

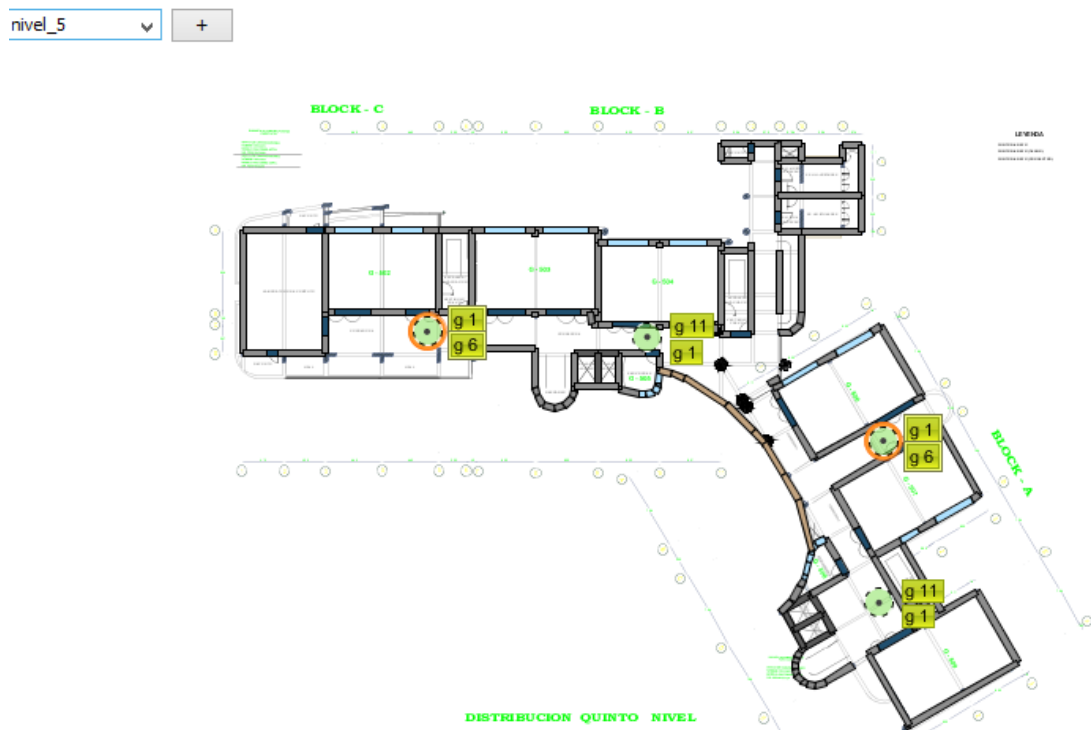


Figura 3.26 Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Quinto Piso

Fuente: Elaboración propia

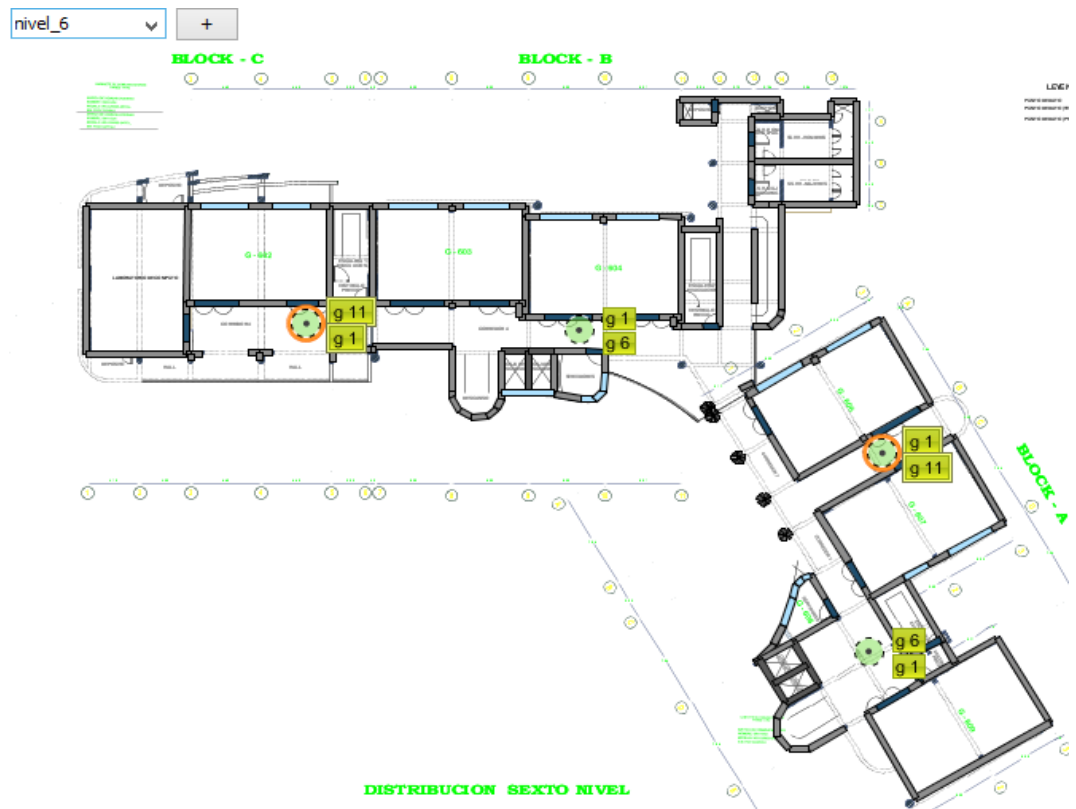


Figura 3.27 Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Sexto Piso

Fuente: Elaboración propia

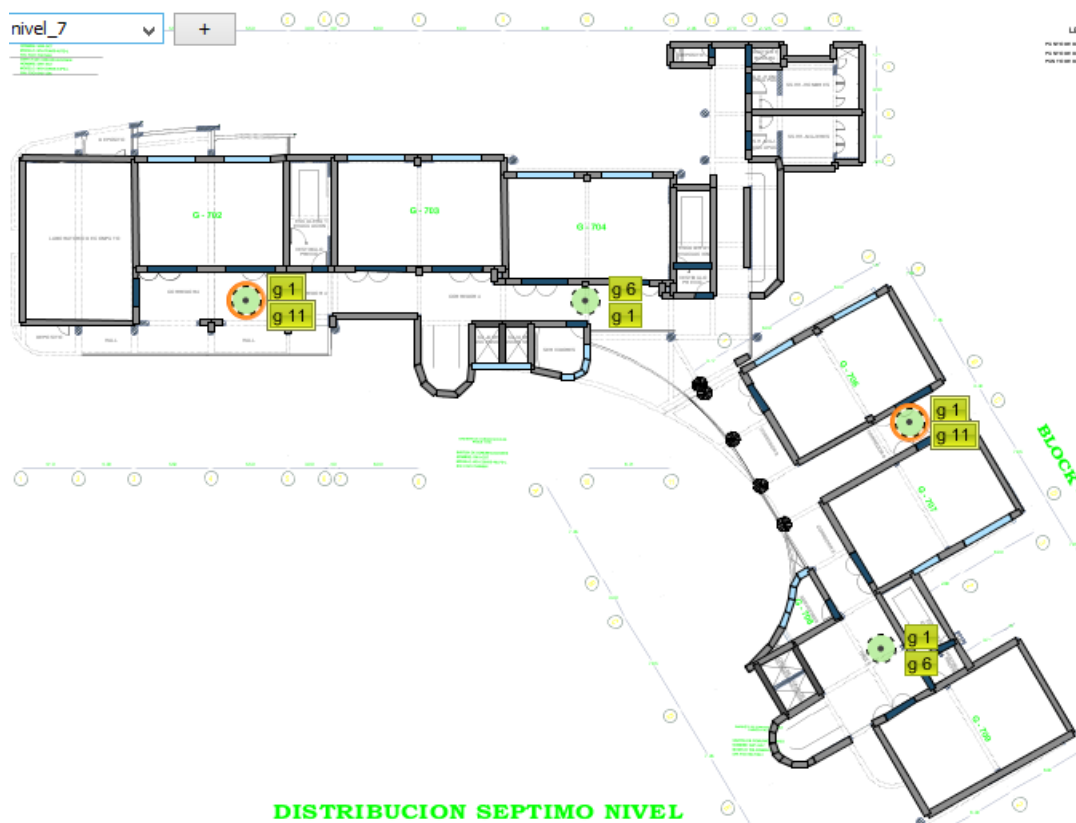


Figura 3.28 Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Séptimo Piso

Fuente: Elaboración propia



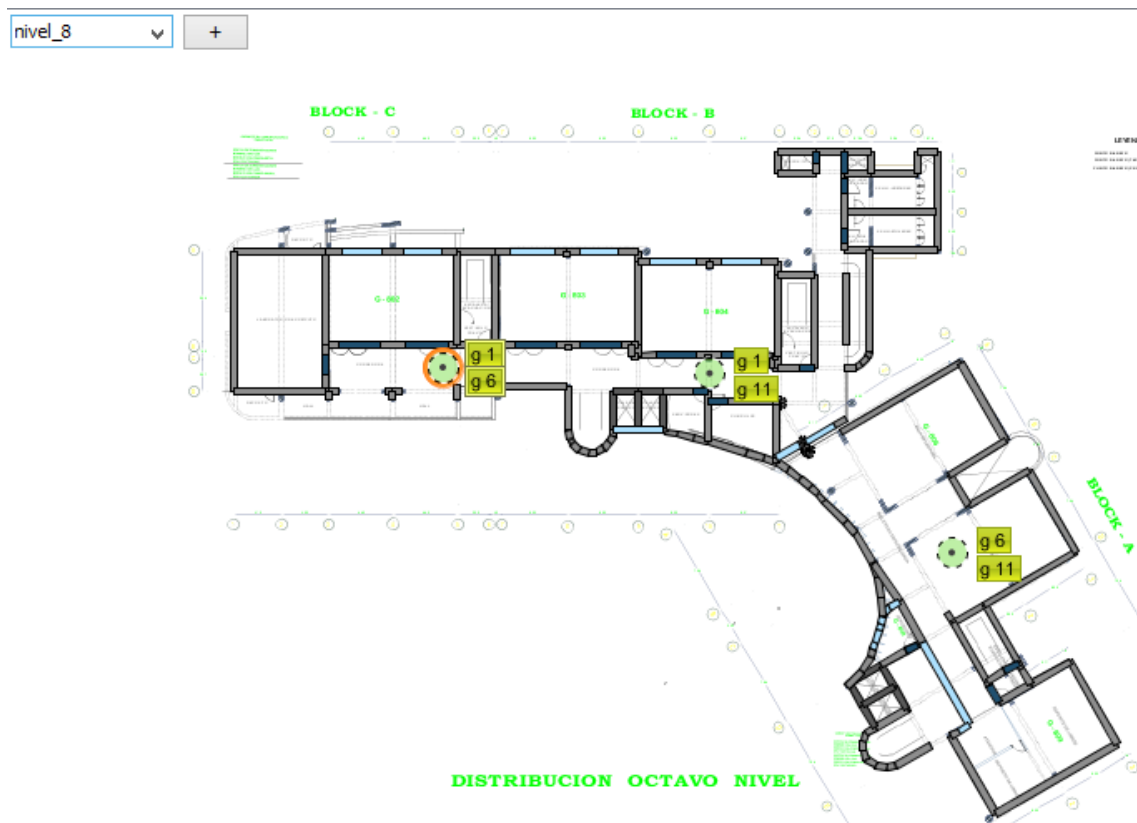


Figura 3.29 Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Octavo Piso

Fuente: Elaboración propia

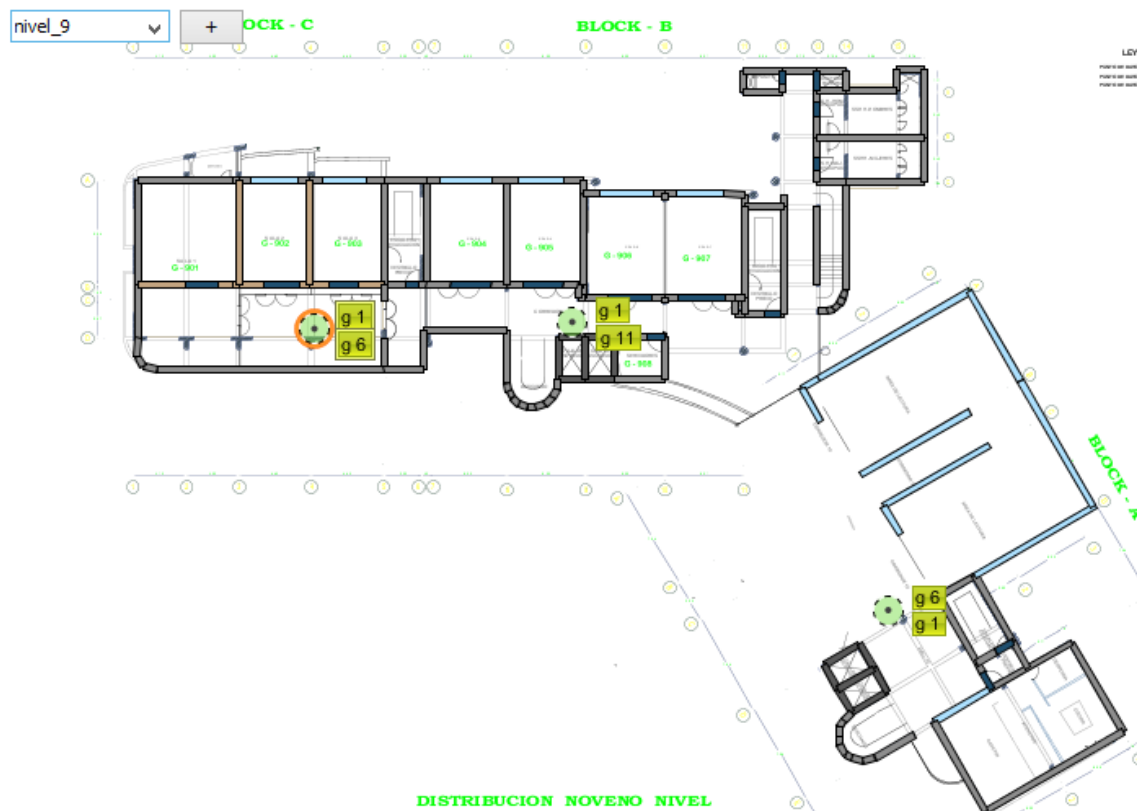


Figura 3.30 Ampliación y reubicación de Puntos de acceso – Noveno Piso

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6. Técnicas de análisis de Datos

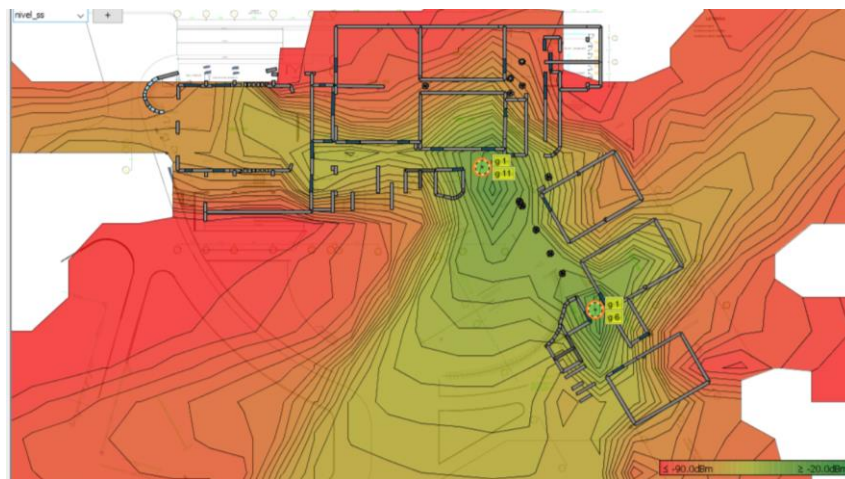
#### 3.2.6.1 Estimación de la mejora del nivel de señal utilizando el software Ekahau.

En este apartado se presentará la estimación de la mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica WIFI UPAO en cada piso del Pabellón G, utilizando el software de simulación Ekahau y se evaluarán estadísticamente los resultados obtenidos.

##### a. Simulación y análisis estadístico de la mejora del nivel de señal de cada piso del Pabellón G.

Se realizó la simulación de la mejora del nivel de señal de la red inalámbrica WIFI UPAO en cada piso del pabellón G de la Universidad Privada Antenor Orrego. Se evaluó cada punto de la muestra antes de realizar la ampliación y reubicación de puntos de acceso y se obtuvieron los siguientes resultados:

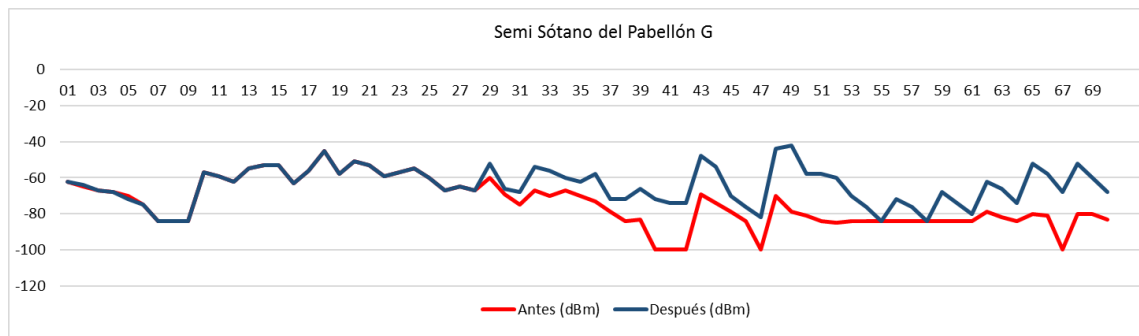
##### a.1 Nivel Semi Sótano del Pabellón G



*Figura 3.31.* Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Semi Sótano del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

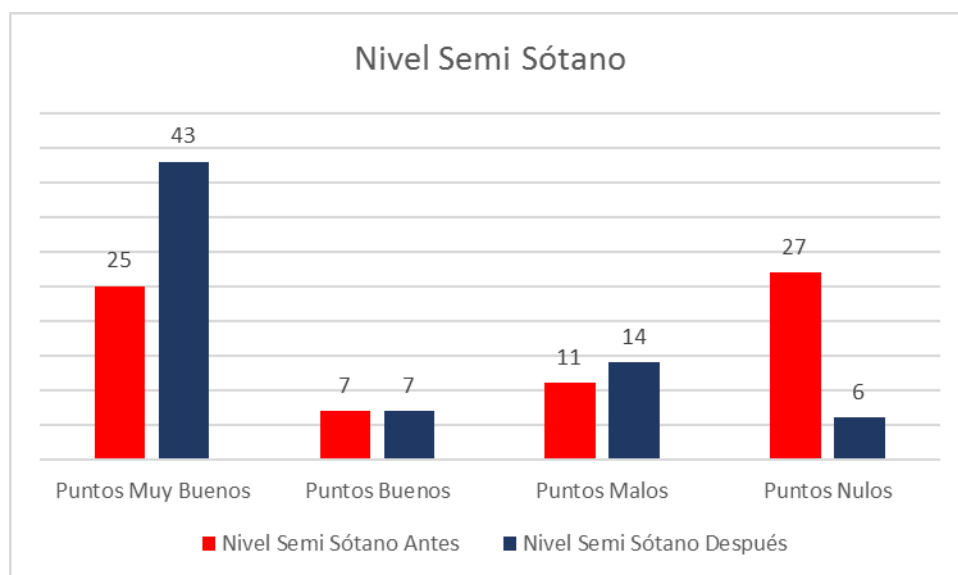
En este nivel se agregó un punto de acceso adicional al existente. La potencia antes y después de la adición del AP, se observa en el siguiente gráfico:



*Gráfico 3.11.* Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Semi Sótano del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

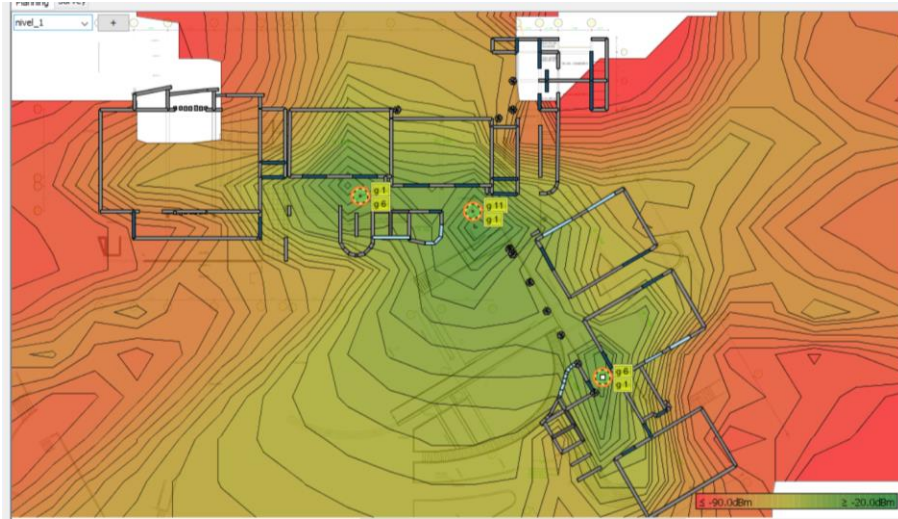
En el Gráfico 3.11. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:



*Gráfico 3.12.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Semi Sótano del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

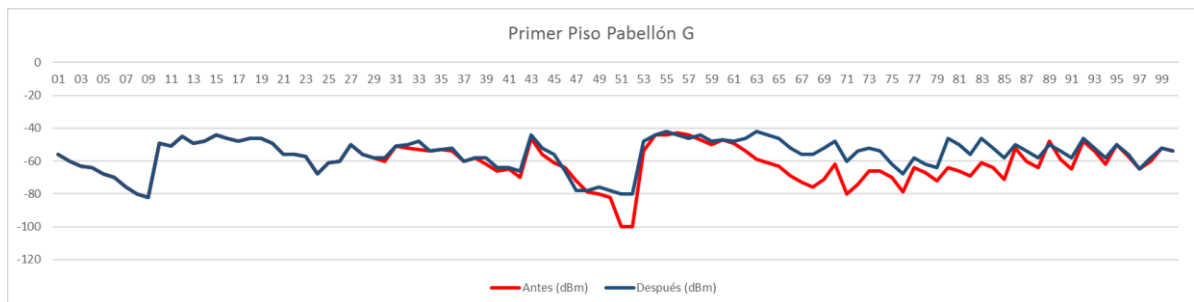
## a.2 Primer Piso del Pabellón G



*Figura 3.32.* Simulación del nivel de señal recibida al realizar la mejora en el Primer Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

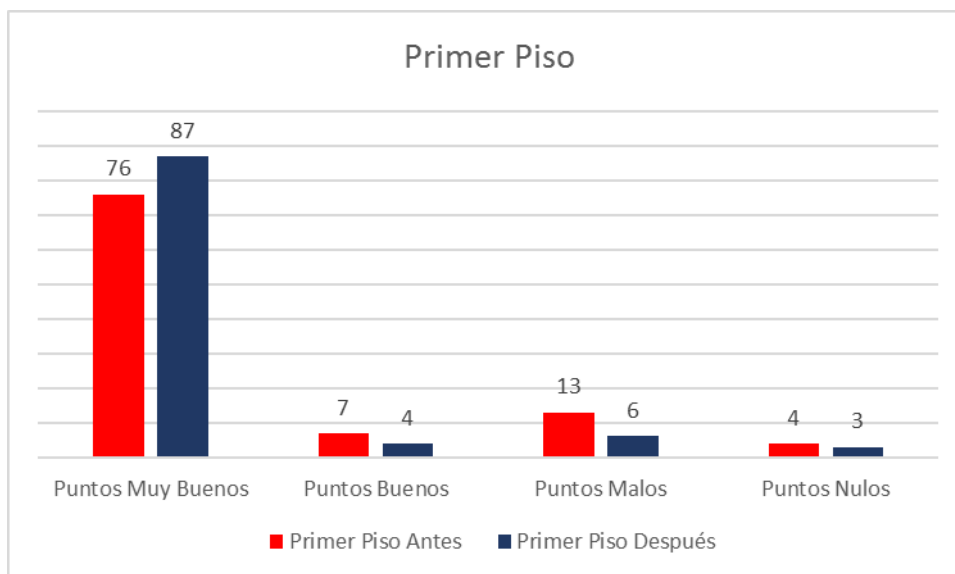
En este nivel se agregó un punto de acceso adicional a los dos existentes; por otra parte, un punto de acceso fue reubicado. La potencia antes y después de la adición del punto de acceso de los 100 puntos tomados como muestra se observa en el siguiente gráfico:



*Gráfico 3.13.* Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Primer Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

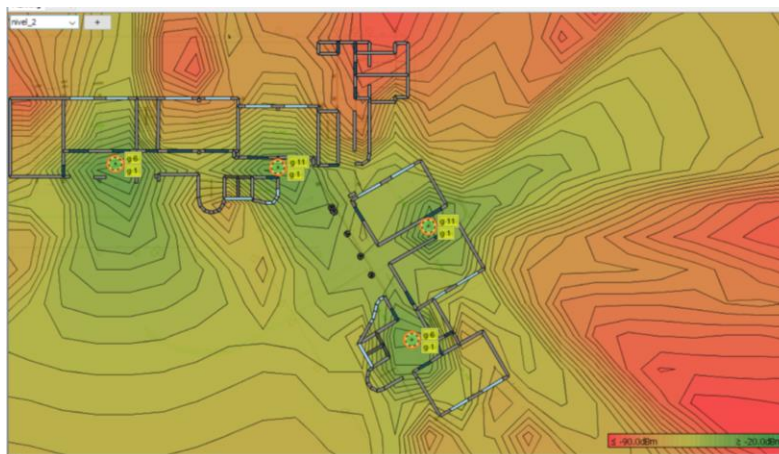
En el Gráfico 3.13. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:



*Gráfico 3.14.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Primer Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

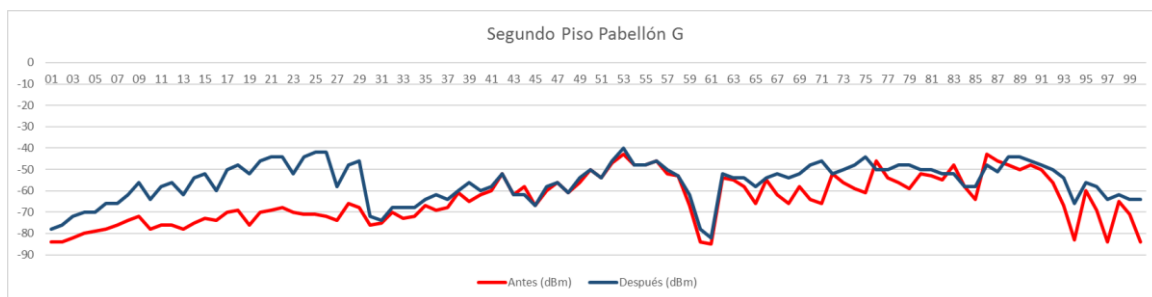
### a.3 Segundo Piso del Pabellón G



*Figura 3.33.* Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Segundo Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

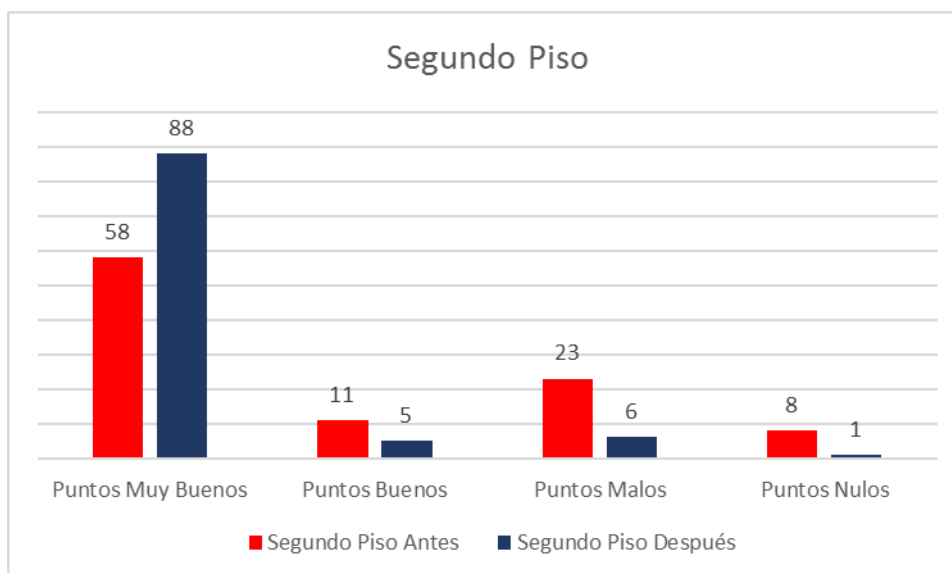
En este nivel se agregaron dos puntos de acceso adicionales a los dos existentes; por otra parte, un punto de acceso fue reubicado. La potencia antes y después de la adición del punto de acceso de los 100 puntos tomados como muestra se observa en el siguiente gráfico:



*Gráfico 3.15.* Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Segundo Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 3.15. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:



*Gráfico 3.16.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Segundo Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia



#### a.4 Tercer Piso del Pabellón G

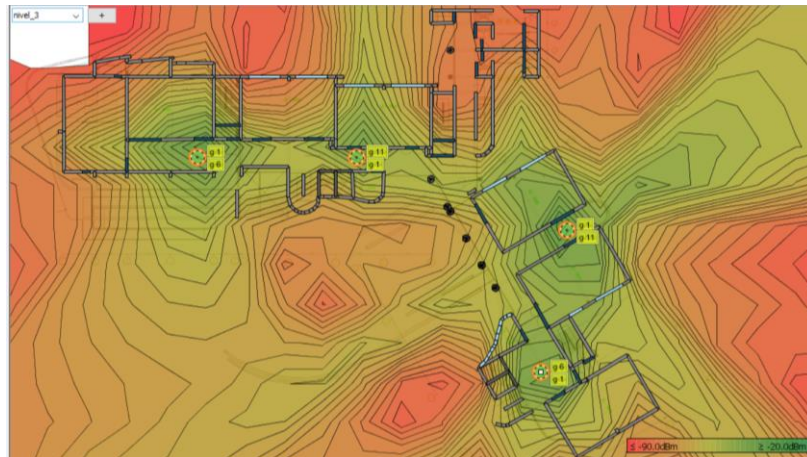


Figura 3.34. Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Tercer Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

En este nivel se agregaron dos puntos de acceso adicionales a los dos existentes; por otra parte, los dos puntos de acceso existentes fueron reubicados. La potencia antes y después de la adición del punto de acceso de los 100 puntos tomados como muestra se observa en el siguiente gráfico:

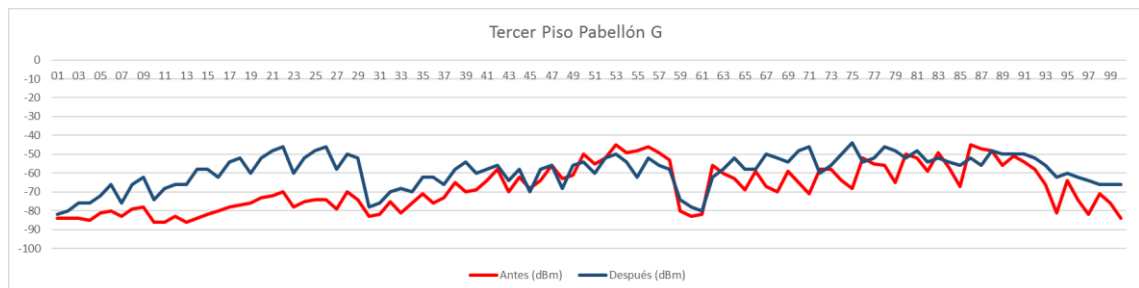
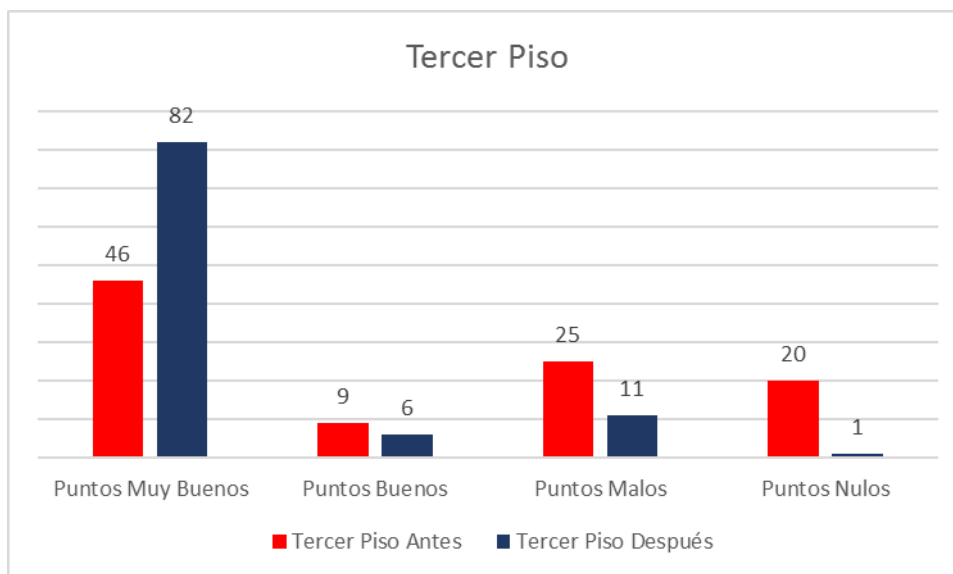


Gráfico 3.17. Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Tercer Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

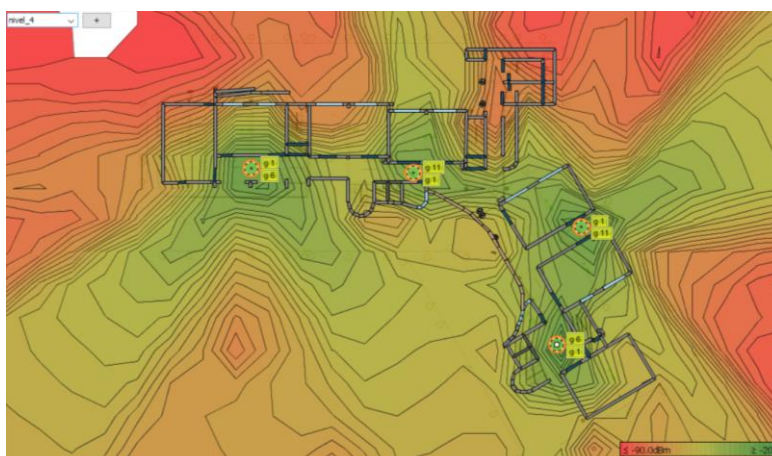
En el Gráfico 3.17. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:



*Gráfico 3.18.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Tercer Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

#### a.5 Cuarto Piso del Pabellón G

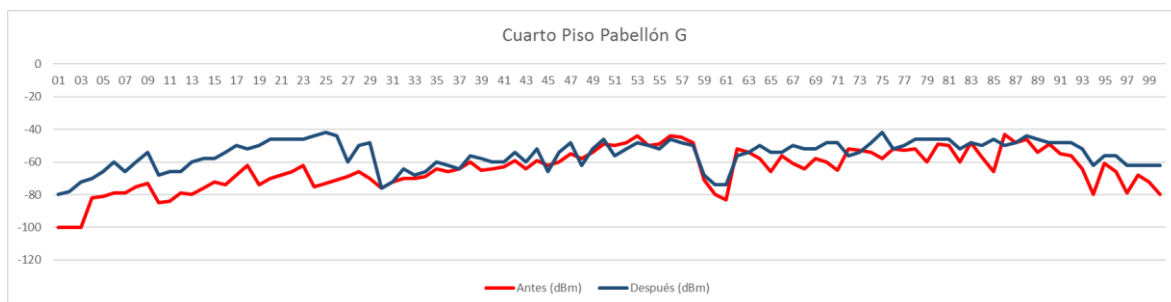


*Figura 3.35.* Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Cuarto Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

En este nivel se agregaron dos puntos de acceso adicionales a los dos existentes; por otra parte, los dos puntos de acceso existentes fueron reubicados. La potencia antes y después de la adición del punto de acceso de los 100 puntos tomados como muestra se observa en el siguiente gráfico:

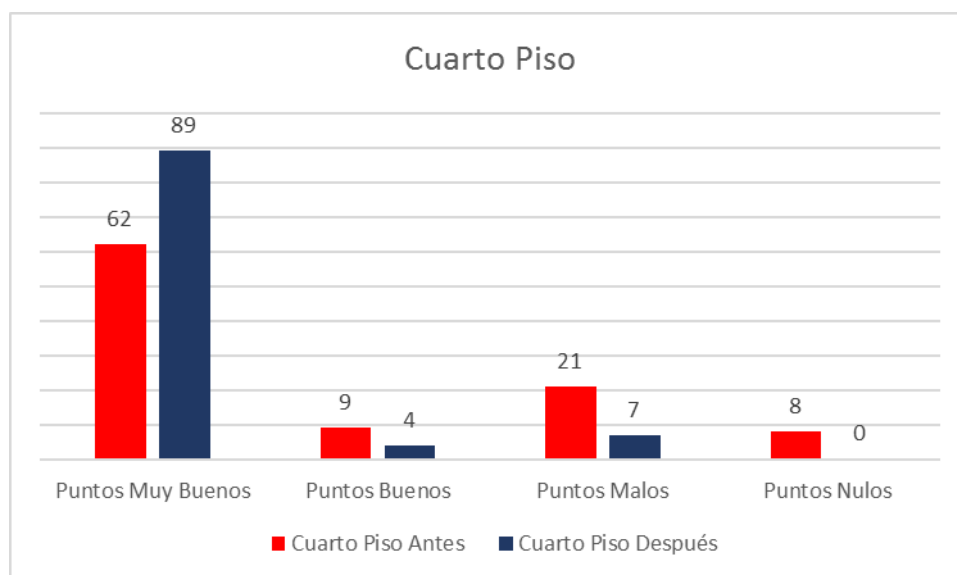




*Gráfico 3.19.* Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Cuarto Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

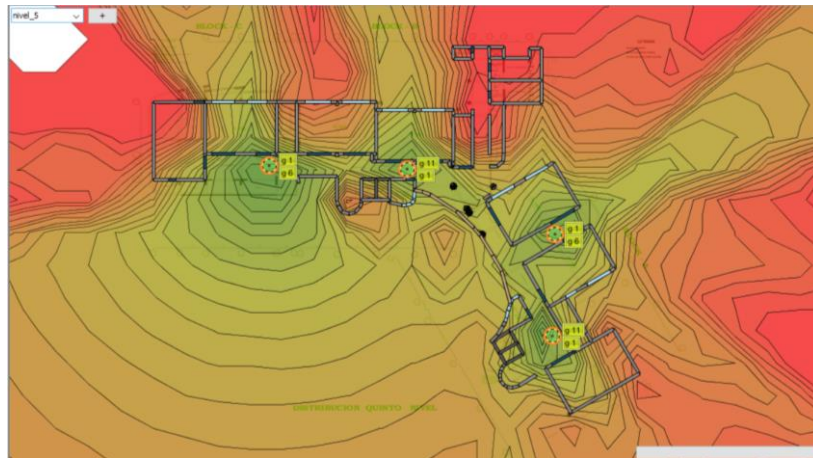
En el Gráfico 3.19. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:



*Gráfico 3.20.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Cuarto Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

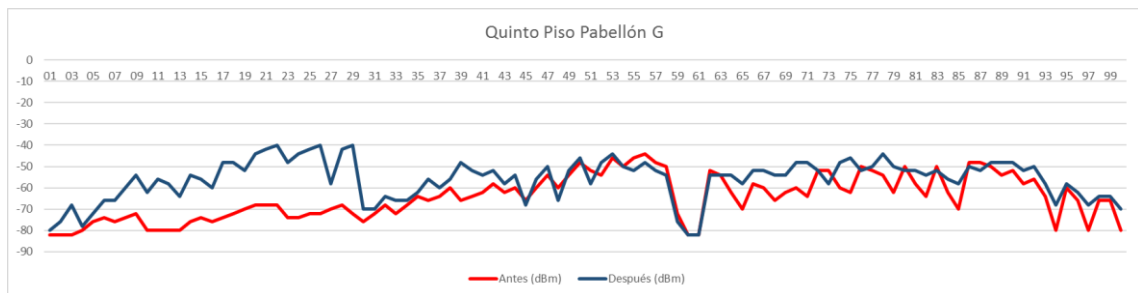
#### a.6 Quinto Piso del Pabellón G



*Figura 3.36.* Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Quinto Piso del Pabellón G.

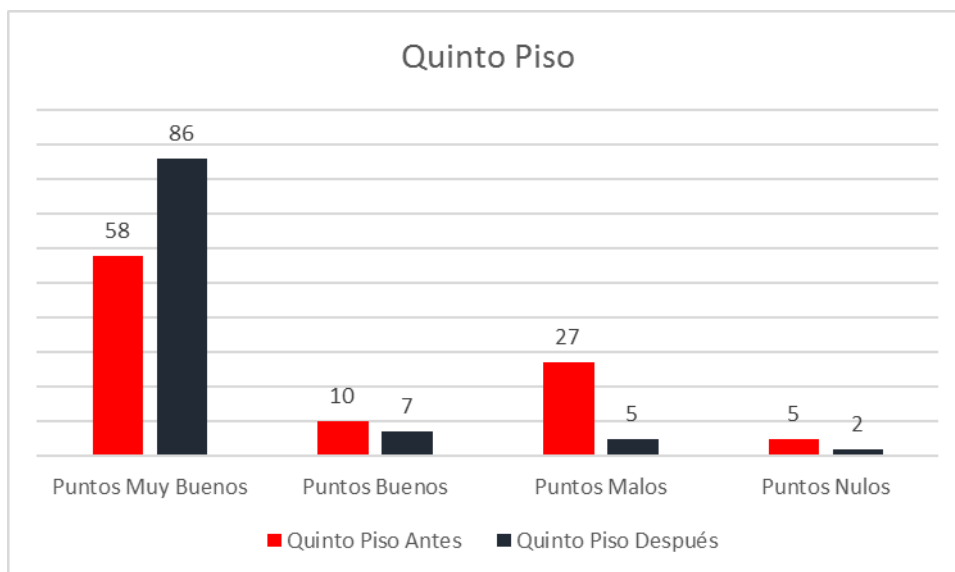
Fuente: Elaboración Propia

En este nivel se agregaron dos puntos de acceso adicionales a los dos existentes; por otra parte, un punto de acceso fue reubicado. La potencia antes y después de la adición del punto de acceso de los 100 puntos tomados como muestra se observa en el siguiente gráfico:



*Gráfico 3.21.* Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Quinto Piso del Pabellón G.

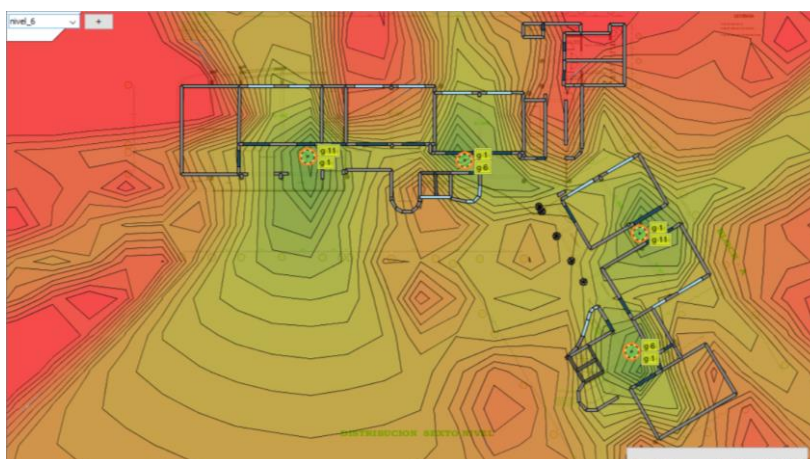
En el Gráfico 3.21. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:



*Gráfico 3.22.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Quinto Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

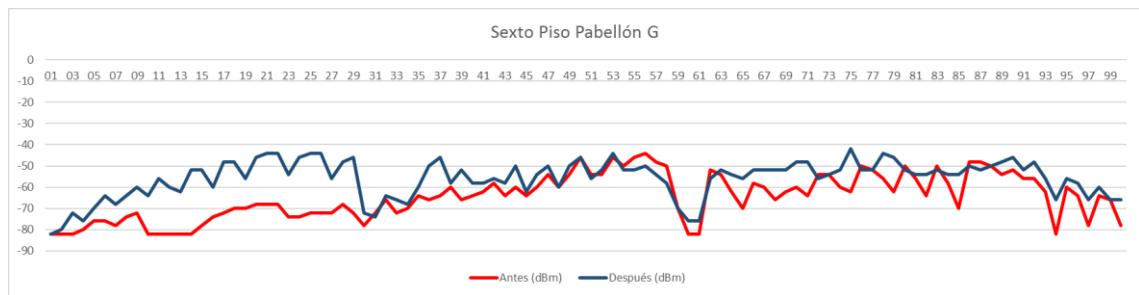
#### a.7 Sexto Piso del Pabellón G



*Figura 3.37.* Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Sexto Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

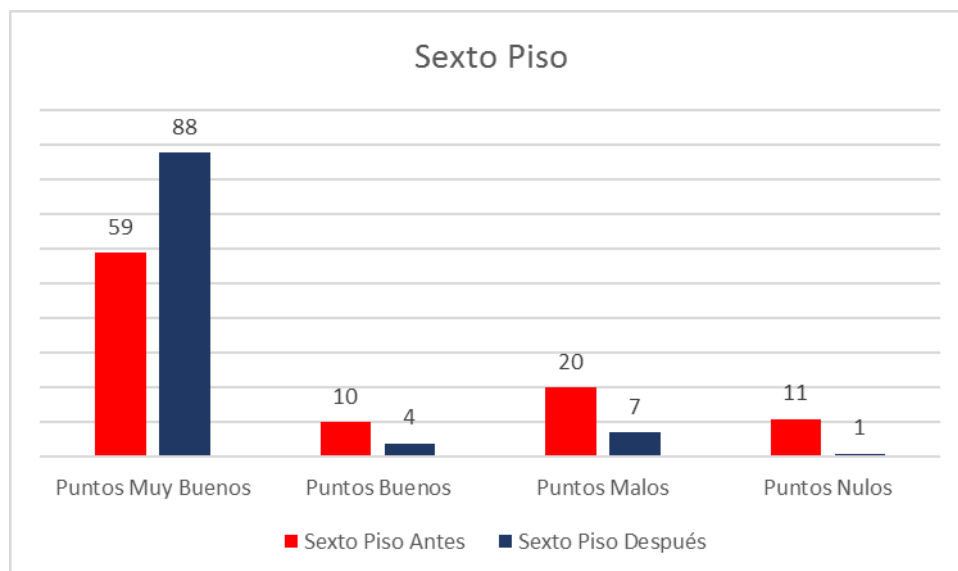
En este nivel se agregaron dos puntos de acceso adicionales a los dos existentes; por otra parte, los dos puntos de acceso existentes fueron reubicados. La potencia antes y después de la adición del punto de acceso de los 100 puntos tomados como muestra se observa en el siguiente gráfico:



**Gráfico 4.23.** Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Sexto Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

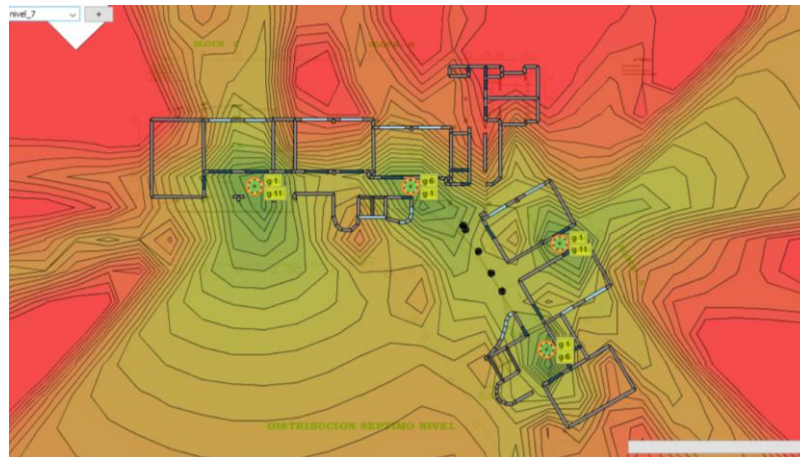
En el Gráfico 4.23. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:



**Gráfico 4.24.** Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Sexto Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

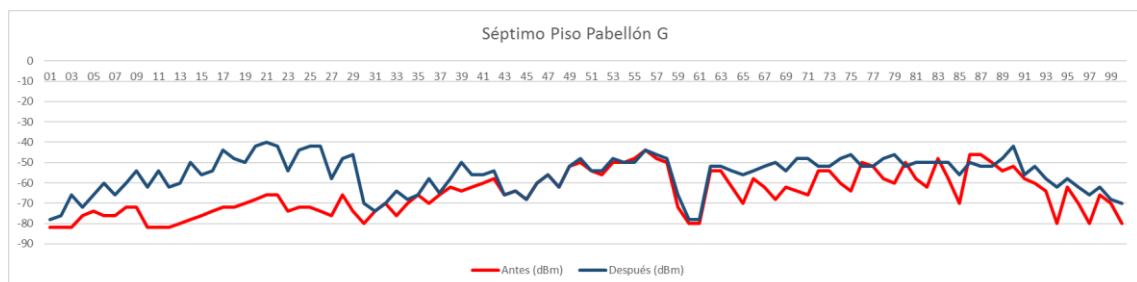
#### a.8 Séptimo Piso del Pabellón G



*Figura 3.38.* Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Séptimo Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

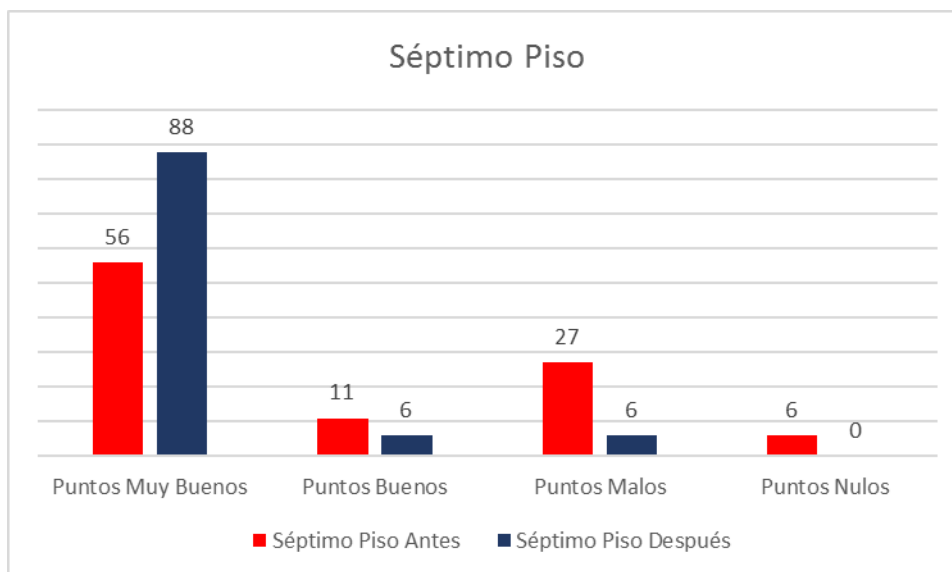
En este nivel se agregaron dos puntos de acceso adicionales a los dos existentes; por otra parte, un punto de acceso fue reubicado. La potencia antes y después de la adición del punto de acceso de los 100 puntos tomados como muestra se observa en el siguiente gráfico:



*Gráfico 3.25.* Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Séptimo Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

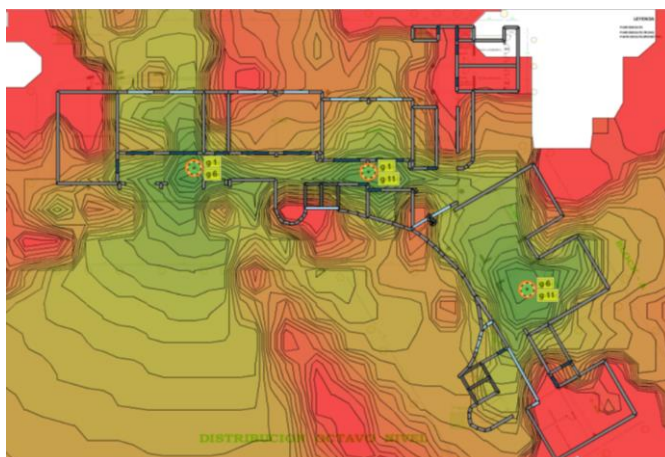
En el Gráfico 3.25. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:



*Gráfico 3.26.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Séptimo Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

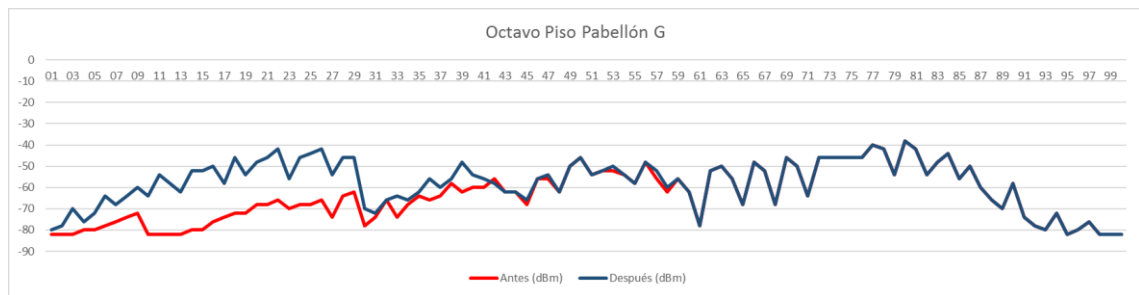
#### a.9 Octavo Piso del Pabellón G



*Figura 3.39.* Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Octavo Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

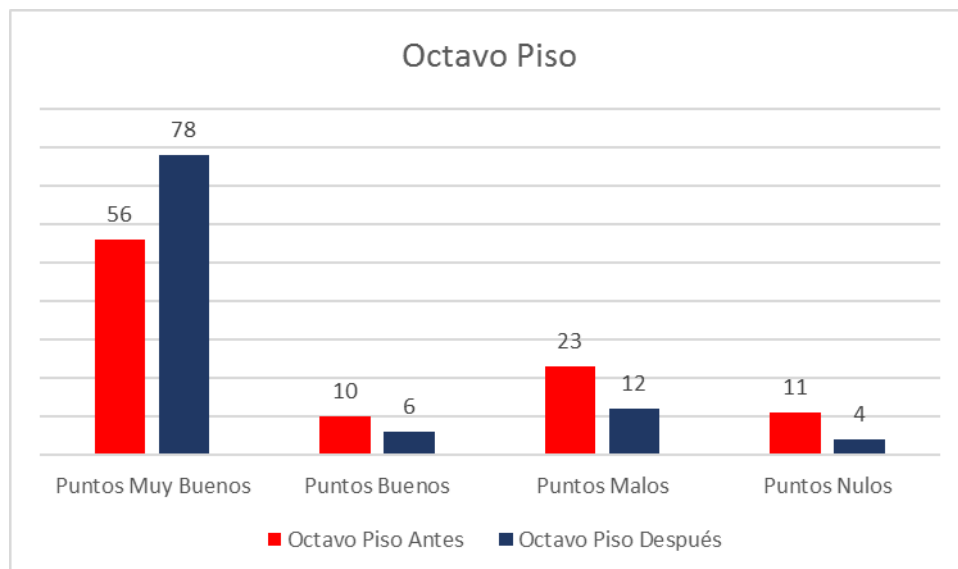
En este nivel se agregó un punto de acceso adicional a los dos existentes. La potencia antes y después de la adición del punto de acceso de los 100 puntos tomados como muestra se observa en el siguiente gráfico:



**Gráfico 3.27.** Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Octavo Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 3.27. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:

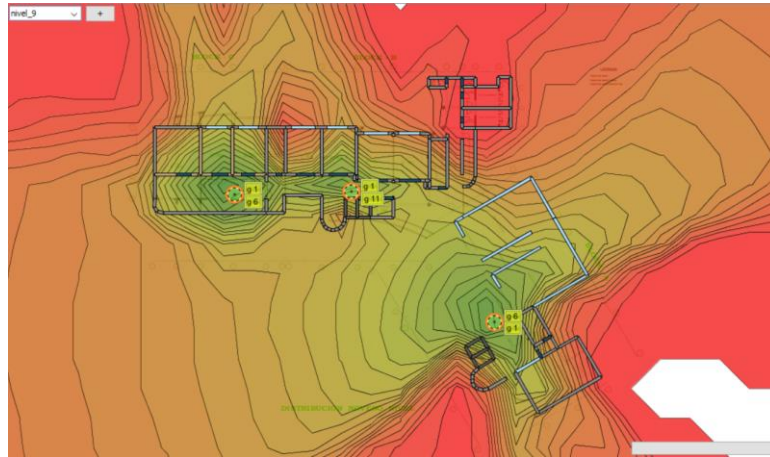


**Gráfico 3.28.** Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Octavo Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia



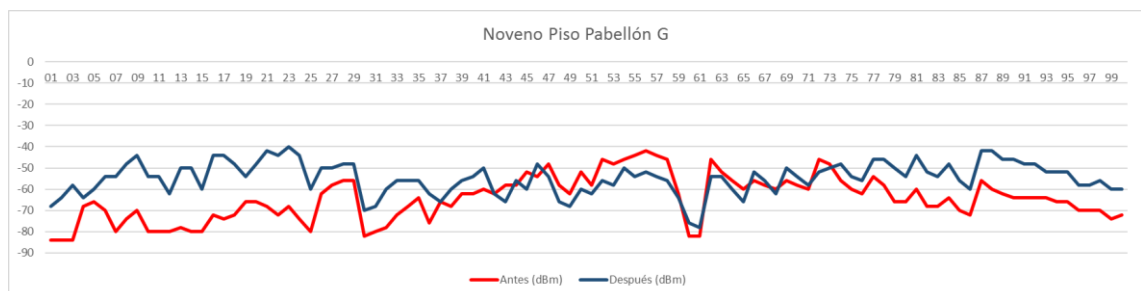
#### a.10 Noveno Piso del Pabellón G



*Figura 3.40.* Simulación del nivel de señal recibido al realizar la mejora en el Noveno Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

En este nivel se agregaron dos puntos de acceso adicionales al existente. La potencia antes y después de la adición del punto de acceso de los 100 puntos tomados como muestra se observa en el siguiente gráfico:

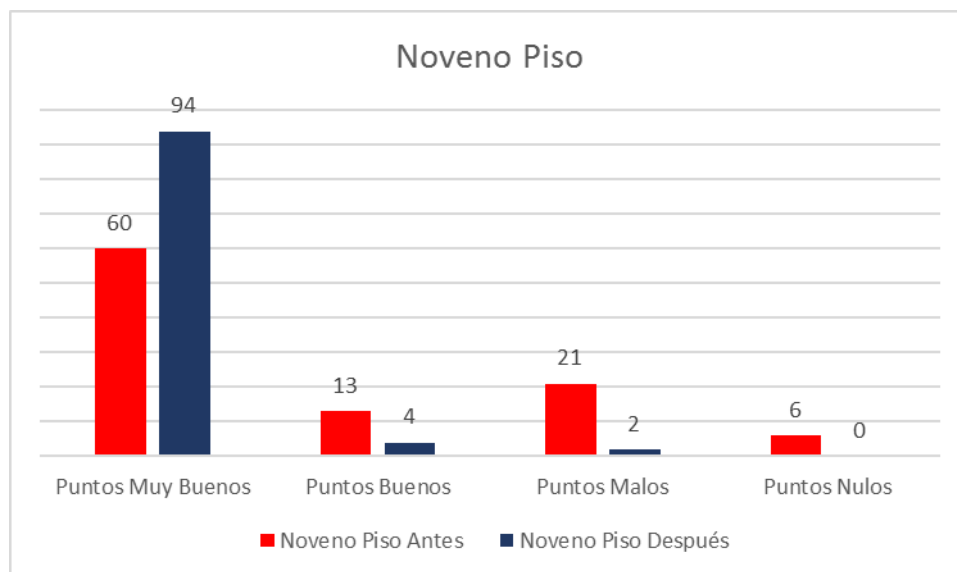


*Gráfico 3.29.* Potencia de la señal (dBm) antes y después de la simulación de la mejora en el Noveno Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 3.29. Se puede observar una mejora del nivel de recepción de la red inalámbrica. El número de puntos de acuerdo a la categorización del nivel de señal es el siguiente:





*Gráfico 3.30.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Noveno Piso del Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

# **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS**

#### **4.1. RESULTADOS**

De acuerdo a las comparaciones del nivel de señal recibido después de simular la reubicación y aumento del número de Access Point en cada piso del Pabellón G de la Universidad Privada Antenor Orrego, se ha obtenido un aumento significativo del número de puntos “Muy Buenos”.

En la simulación de la mejora en cada piso del Pabellón se observa aumento del número de puntos “Muy Buenos” siendo el tercer piso el lugar donde se refleja un mayor aumento. En este piso se han agregado 2 puntos de acceso y los 2 existentes se han reubicado a lugares cercanos a las puertas de los salones.

De 18 puntos de acceso del total del pabellón, se ha simulado la reubicación de 10 y se han agregado 17, teniendo en total 35 puntos de acceso, los cuales han aumentado el número de puntos “Muy Buenos” de 556 a 823 y el número de “Puntos Nulos” ha disminuido de 106 a solamente 18.

Del análisis estadístico, se obtiene que el que la media de la potencia de los puntos de muestra del pabellón ha aumentado de -65.06 dBm a -56.92 dBm.

## **4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.2.1 Simulación y análisis estadístico de la mejora del nivel de señal de cada piso del Pabellón G.**

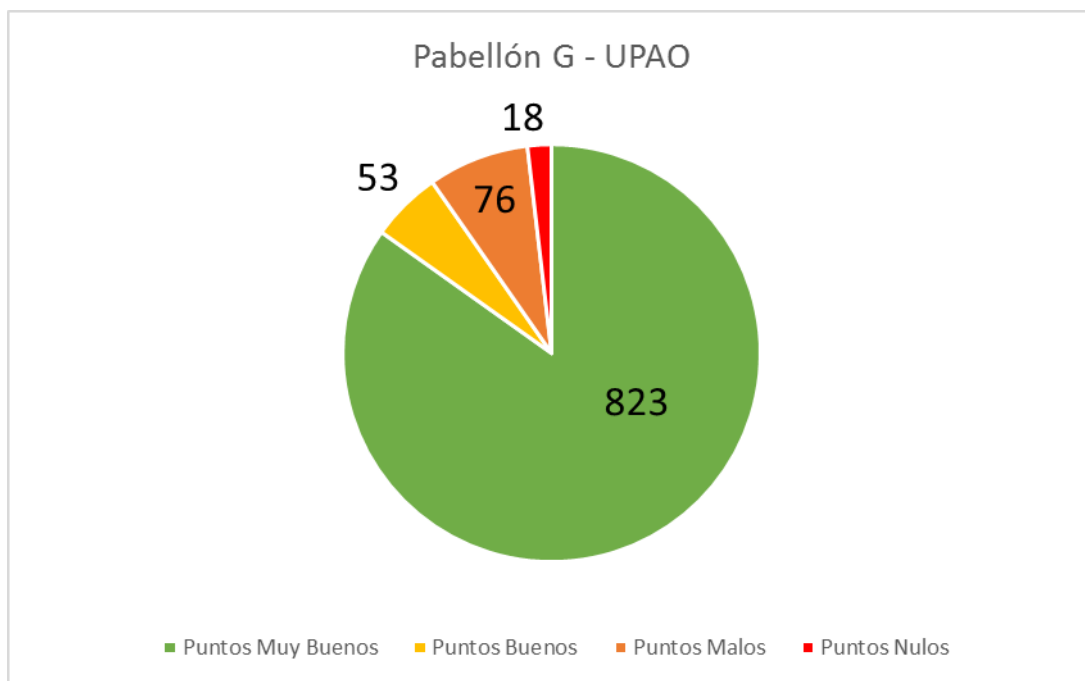
Respecto a los resultados obtenidos, se debe destacar que en la simulación de la mejora para 970 muestras tomadas en el pabellón G, el 85% de los puntos corresponden a “Muy buenos”. La mayoría de estos puntos se encuentran en los salones y los pasillos, los lugares en los cuales los estudiantes y personal administrativo de la Universidad, realizan actividades académicas en las cuales necesitan acceso a Internet.

El porcentaje de puntos nulos corresponde a solamente el 2% del número total de muestras, y están ubicados principalmente en zonas en las cuales no es necesario que los usuarios cuenten con conexión a internet como las escaleras, ascensores y servicios higiénicos.

En los pisos 3, 7 y 9 se observa mayor incremento del número de puntos “Muy Buenos”, teniendo un aumento de 36,32 y 34 respectivamente. En estos pisos se han agregado 2 puntos de acceso. En el piso 3, se han reubicado los 2 puntos de acceso existentes y en el 7 solamente se ha reubicado 1. Estos pisos cuentan con más áreas sin paredes que los otros pisos, lo cual se ve reflejado en la mejora.

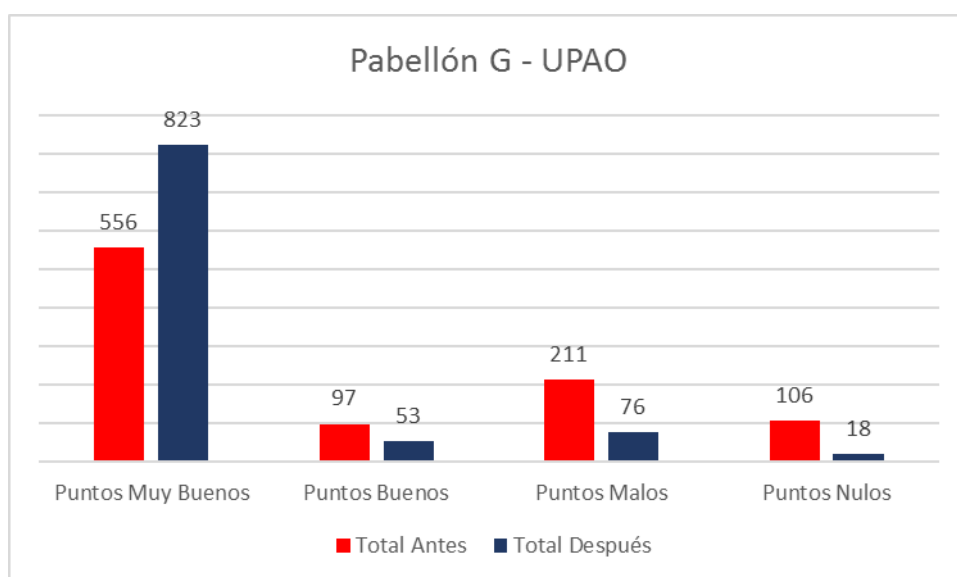
En general, todos los salones del pabellón cuentan con niveles de recepción de señal “Muy Buenos” a excepción de los salones que se encuentran al lado derecho de las escaleras, puesto que presentan más obstáculos.

Al analizar el nivel de señal recibido antes y después de agregar y reubicar puntos de acceso en cada piso del pabellón G, puede observarse un aumento significativo del número de puntos “Muy buenos” de la muestra original. Asimismo, se diferencia una disminución considerable de los puntos “Malos” y “Nulos”. El resumen del número de puntos totales del pabellón G es el siguiente:



*Gráfico 4.1.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos después de la simulación de la mejora en el Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia



*Gráfico 4.2.* Número de puntos de acuerdo a la categorización de estos antes y después de la simulación de la mejora en el Pabellón G.

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en el gráfico 4.22., el número de puntos “Muy Buenos” ha aumentado de 556 a 823 y el número de “Puntos Nulos” ha disminuido a 18 en total en el Pabellón. Esta mejora significativa se ha logrado al agregar y reubicar puntos de acceso en cada piso. El resumen puede observarse en la siguiente tabla:

**Tabla N° 4.1. Resumen del número de puntos de acceso agregados y reubicados**

|               | Nivel Semi Sótano | Piso 1 | Piso 2 | Piso 3 | Piso 4 | Piso 5 | Piso 6 | Piso 7 | Piso 8 | Piso 9 | Total |
|---------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| AP Existentes | 1                 | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 1      | 18    |
| AP Reubicados | 0                 | 1      | 1      | 2      | 2      | 1      | 2      | 1      | 0      | 0      | 10    |
| Ap Agregados  | 1                 | 1      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 1      | 2      | 17    |
| Total         | 2                 | 3      | 4      | 4      | 4      | 4      | 4      | 4      | 3      | 3      | 35    |

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Tabla N° 4.2, se muestra la Prueba T, llevada a cabo para las mediciones de los 970 puntos de muestra efectuadas antes de la simulación de la ampliación y reubicación de los puntos de acceso, y mediciones efectuadas a los 970 puntos después de la simulación de la implementación. Se observa que las medias obtenidas varían considerablemente, apreciándose un notable aumento en los puntos con calidad de señal recibida “Muy Buenos”.

**Tabla N° 4.2 Resultados Prueba T para muestras emparejadas**  
**Puntos de muestra antes y después de la simulación de la implementación de la mejora de la señal**

**Prueba t para medias de dos muestras emparejadas**

|                                       | <i>Antes</i>        | <i>Después</i> |
|---------------------------------------|---------------------|----------------|
| Media                                 | -65.05979381        | -56.91958763   |
| Varianza                              | 139.4061217         | 92.36917217    |
| Observaciones                         | 970                 | 970            |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0.634573565         |                |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0                   |                |
| Grados de libertad                    | 969                 |                |
| <b>Estadístico t</b>                  | <b>-27.06321387</b> |                |
| P(T<=t) una cola                      | 6.8558E-121         |                |
| Valor crítico de t (una cola)         | 1.646427658         |                |
| P(T<=t) dos colas                     | 1.3712E-120         |                |
| Valor crítico de t (dos colas)        | 1.962415158         |                |

Según Chasniuk, S. (2010), cuando en una prueba T el valor estadístico t (tcalculado) es menor que el valor crítico de t de dos colas (tcritico), se presentan diferencias estadísticamente significativas, aceptándose la hipótesis.

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. CONCLUSIONES

- Se ha logrado describir la distribución de la red inalámbrica WIFI\_UPAO del Pabellón G de la Universidad Privada Antenor Orrego. Esta cuenta con 10 pisos, incluyendo un semi sótano, donde existen dos puntos de acceso en cada piso distribuidos en el lado este y oeste, exceptuando el semi sótano y noveno, que sólo presentan uno.
- El Drive Test realizado permitió determinar las zonas de alta, media y baja calidad de señal. Tomando 5 muestras de señal por salón en cada piso, abarcando el pabellón G casi en su totalidad, se determinó de manera general, que las zonas de baja señal se relacionan con las esquinas de las aulas, incluyendo la ubicación del escritorio del docente, así mismo, existen zonas de baja señal en los pasillos y alrededores de los baños.
- La herramienta de simulación Ekahau Site Survey, permitió reproducir el Drive test realizado con una representación fiel de los puntos de acceso, su ubicación, la configuración de canales y antenas, dando una simulación de los niveles de señal actuales con un margen de error de -2dBm en promedio.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el aumento y reubicación de los puntos de acceso del pabellón G, tuvo un efecto de mejora de -9dB en base a los puntos de muestra de nivel de señal de la red WIFI\_UPAO recibido en computadoras portátiles. Esto se muestra en la simulación de la mejora realizada mediante el Software Ekahau y en el aumento de potencia de los niveles de señal en cada muestra, antes y después de la mejora, recopilados en la presente investigación.



## **5.2. RECOMENDACIONES**

- La conexión a una red inalámbrica involucra muchos aspectos, entre ellos, la cobertura, cantidad de usuarios conectados, capacidad de red, distancia de conexión al punto de acceso, etc. Se recomienda hacer un estudio de otros aspectos que intervienen en la conexión.
- El dispositivo móvil y la tecnología que utiliza para conectarse con una señal inalámbrica (tarjeta de red inalámbrica) tiene un rol importante en la conexión de un usuario a una red inalámbrica. Se recomienda un estudio del nivel de señal recibida en diferentes dispositivos móviles como celulares o tabletas.
- La presente investigación se enfocó a estudiar los niveles de señal recibidos de la red WIFI\_UPAO en el pabellón G, según su distribución actual, sin tomar en cuenta factores externos. Se recomienda hacer un estudio de los niveles de señal, con alumnado presente en los salones y pasillos, además de otros objetos que pueden afectar los niveles de señal recibidos dentro del pabellón.

# **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Academy, C. N. (s.f.). Cisco. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de Cisco Networking:  
[http://www.cisco.com/cisco/web/solutions/small\\_business/resource\\_center/articles/work\\_from\\_anywhere/what\\_is\\_a\\_wireless\\_network/index.html](http://www.cisco.com/cisco/web/solutions/small_business/resource_center/articles/work_from_anywhere/what_is_a_wireless_network/index.html)
- Muñoz, X., & Herreros, I. (2006). Manual de Derechos de las Telecomunicaciones. Madrid: Derecho.com
- Lázaro, J. (s.f.). Bit, la revista de las tecnologías de la información. Recuperado el 2014 de Octubre de 2014, de  
<http://www.coit.es/publicac/publbit/bit103/quees.htm>
- Gil Vázquez, P., Pomares, J., & Candelas, F. (2010). Redes y transmisión de datos. Compobell S.L.
- Vela, J. (2014). Logística Sanitaria en Catástrofes. España: IC editorial.
- Schneider, G. (2013). New Perspectives in the Internet. Courses Technology.
- Carballar, J. A. (2010). Wi-fi. Lo que se necesita conocer. Madrid: Grupo RC.
- Ogletree, T. (2002). Upgrading and Repairing Networks. Que Corporation.
- Geihs, K. (2002). Networks. Standardization, infrastructure and applications. Germany: Physica-Verlag.
- Andreu, F. (2006). Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN. Barcelona: Marcombo S.A.
- Hernández Rueda, J. A. (1998). Antenas: Principios básicos, análisis y diseño. Baja California: Universidad Autónoma de Baja.
- Devis Granados, I. A. (2007). Aspectos constitucionales de los servicios públicos y las telecomunicaciones en Colombia. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Forouzan, B.A. (2002). Transmisión de datos y redes de comunicaciones. España: Mc Graw Hill
- Tomasi, W. (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. México: Pearson Education
- Geldres, V. (2005). DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON BASE EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD PARA LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS RUTA PUERTO MALDONADO – IÑAPARI. 2005, de TESIS PUCP Sitio web:  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/218>

- Íñigo, J., Barceló, J. M., & Peig, E. (2008). Estructura de redes de computadoras. Barcelona: Editorial UOC.
- Valle, L. (2005). Coexistencia de redes WLAN & WPAN. Puebla.
- Barrenechea T. (2011). DISEÑO DE UNA RED LAN INALAMBRICA PARA UNA EMPRESA DE LIMA. 2011, de TESIS-PUCP Sitio web: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/809>
- Academy, C. N. (s.f.). Cisco. Recuperado el 15 de Marzo de 2016, de Cisco Networking: [http://www.cisco.com/E-Learning/prod/curriculum/cco\\_tdo\\_ldd/E3\\_eng/Exploration3\\_English\\_Ch6](http://www.cisco.com/E-Learning/prod/curriculum/cco_tdo_ldd/E3_eng/Exploration3_English_Ch6)
- Hucaby, D. (2016) CCNA Wireless 200-355 Official Cert Guide. Estados Unidos: Pearson Education, Inc.
- Cisco Systems, Inc. (2009). Conducting Cisco Unified Wireless Site Survey. mayo 05, 2016, de Cisco Systems, Inc Sitio web: <http://learninglocator.cloudapps.cisco.com/GlobalLearningLocator/courseDetails.do?actionType=executeCourseDetail&courseID=5751>
- INEI. (2009 - 2014). Estadística N° 11.20 Población de 6 a más años de edad que hace uso de Internet, según motivo de acceso y ámbito geográfico.
- INEI. (2009-2014). Estadística N°11.19. Población de 6 y más años de edad que hace uso de Internet, según nivel educativo, frecuencia de uso y ámbito geográfico.

# ANEXOS

## **ANEXO 01: Guía de Encuesta N°1**

La siguiente encuesta únicamente tiene fines de investigación respecto a la red inalámbrica WIFI\_UPAO del pabellón G de la Universidad Privada Antenor Orrego

- 1) ¿Ha necesitado una conexión a internet para fines académicos dentro del Pabellón G del Campus UPAO?

- ☐ Si
- ☐ No

- 2) El dispositivo móvil más usado para acceder a internet con fines académicos dentro del Pabellón G- UPAO es:

- ☐ Computadora portátil
- ☐ Teléfono móvil
- ☐ Tableta
- ☐ Otros

- 3) ¿Cómo calificaría el servicio de Internet de la red inalámbrica WIFI\_UPAO dentro del pabellón G- UPAO?

- ☐ Muy Bueno
- ☐ Bueno
- ☐ Regular
- ☐ Malo
- ☐ Muy malo

- 4) De 10 intentos de conexión a la red inalámbrica WIFI\_UPAO en el pabellón G, ¿cuántas veces logró conectarse efectivamente a internet?

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ 10

5) De no conseguir acceso a Internet a través de la red WIFI\_UPAO, ¿qué servicios utilizó?

- ☐ Datos móviles
- ☐ Módem Portátil
- ☐ Solicitar apoyo técnico al personal de la UPAO
- ☐ Otros

6) ¿Cómo calificaría el servicio de Internet de la red inalámbrica WIFI\_UPAO?

- ☐ Muy bueno
- ☐ Bueno
- ☐ Regular
- ☐ Malo
- ☐ Muy malo

7) En su dispositivo móvil, ¿cómo calificaría el nivel de la señal de WIFI\_UPAO en las aulas del pabellón G?

- ☐ Alta
- ☐ Media
- ☐ Baja
- ☐ No opina

8) ¿Utiliza algún software o aplicación de análisis de redes?

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Desconozco

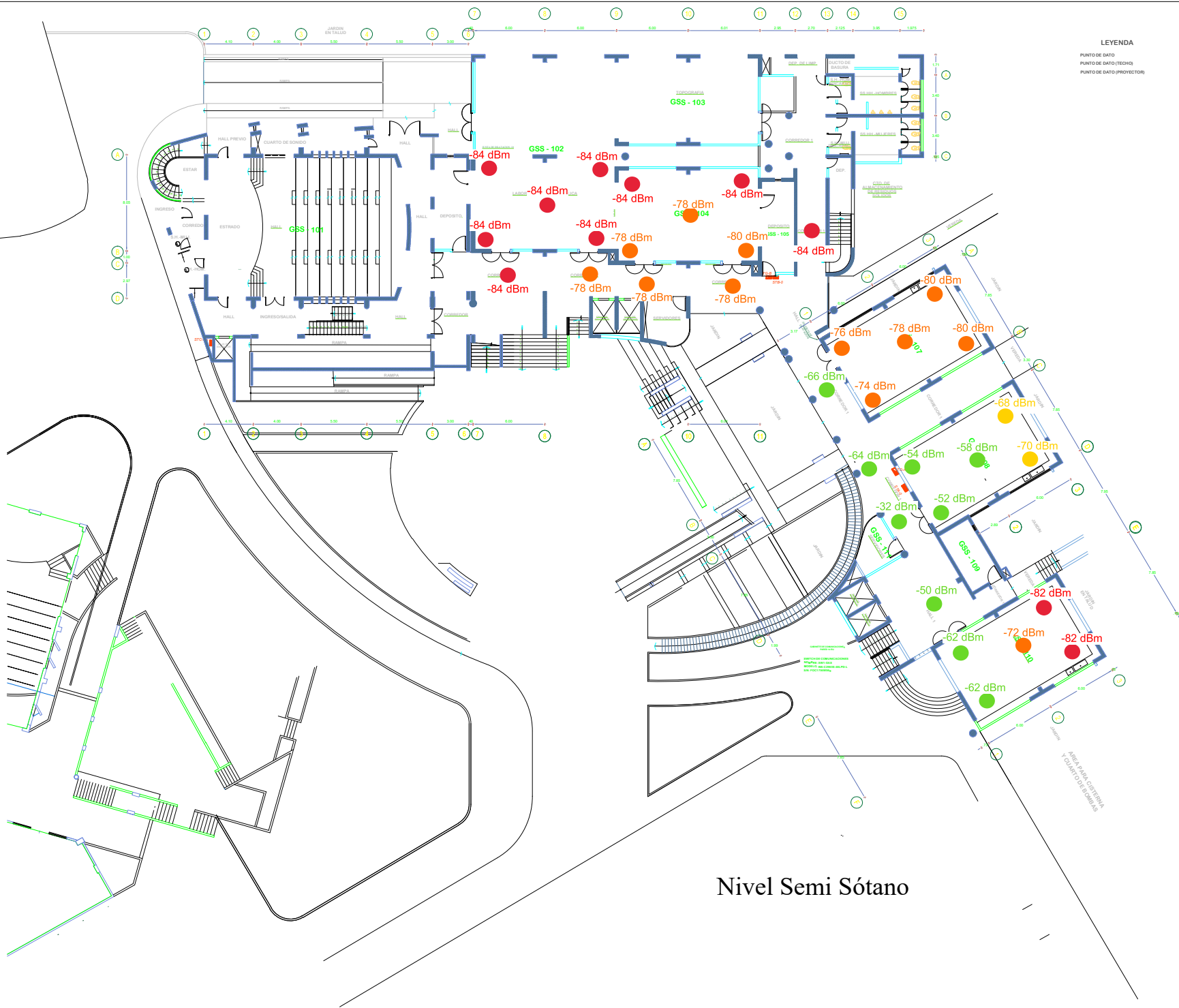
9) De 10 intentos de conexión a la red inalámbrica WIFI\_UPAO en el pabellón G, ¿cuántas veces logró conectarse efectivamente a internet?

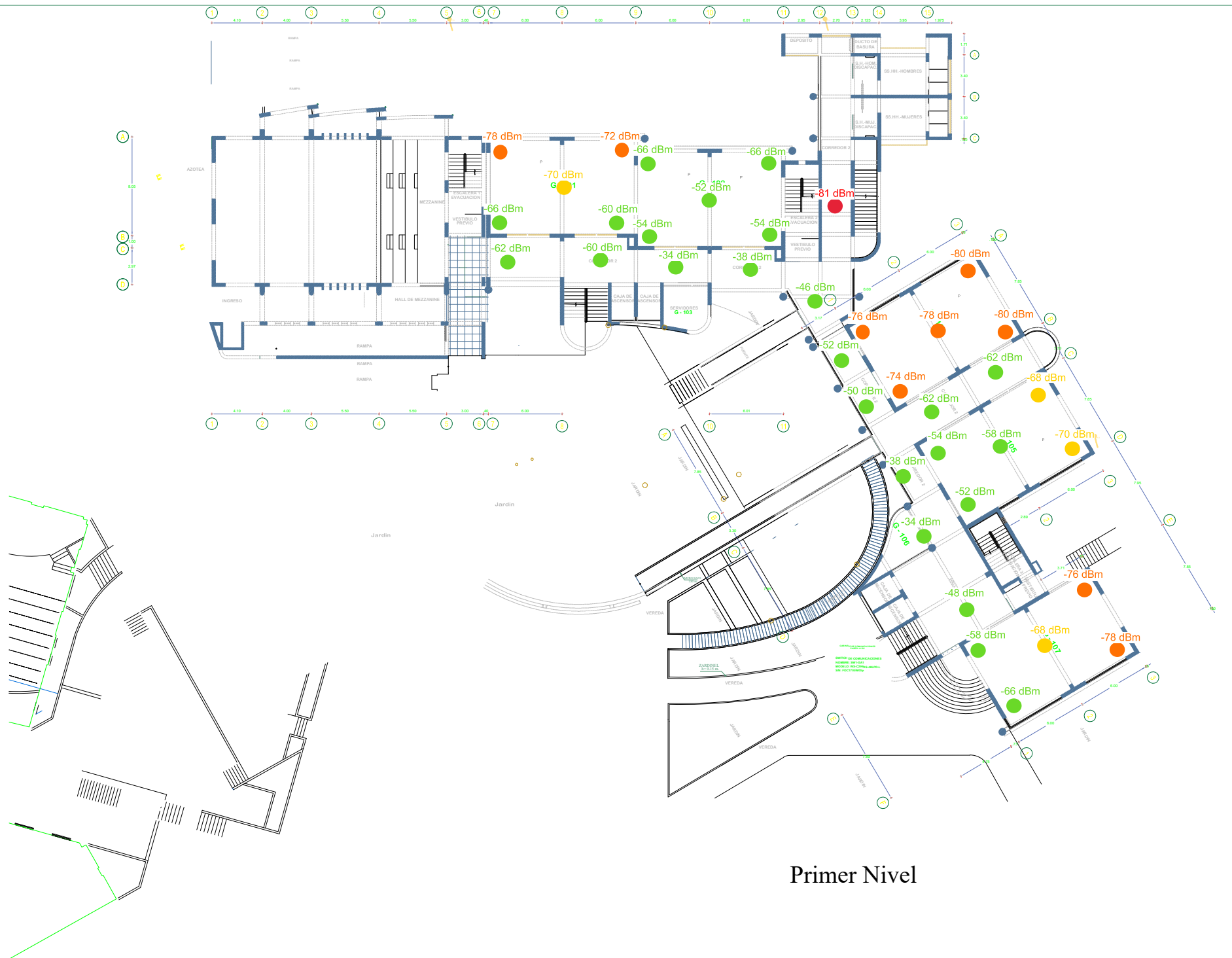
( ) 1   ( ) 2   ( ) 3   ( ) 4   ( ) 5   ( ) 6   ( ) 7   ( ) 8   ( ) 9   ( ) 10

|   |  |
|---|--|
| <b>Entrevistado:</b><br>Ing. Cristian Obregón<br><b>Entrevistador:</b> David Alva / Augusto Requejo   | <b>Fecha:</b> 5 de marzo del 2016<br><b>Institución:</b> Universidad Privada Antenor Orrego. |
| <b>Objetivo</b><br>Conocer datos técnicos de interés sobre la red inalámbrica WIFI_UPAO de la Universidad Privada Antenor Orrego.   |  |
| <b>Dirigido a:</b><br>Administrador de Red del DSII de la Universidad Privada Antenor Orrego.   |  |
| <b>Preguntas</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuándo se implementó la red inalámbrica de la Universidad Privada Antenor Orrego?</li> <li>2. ¿A cuántos usuarios tiene capacidad de brindar servicios de internet la red inalámbrica de la Universidad Privada Antenor Orrego cuando se puso en funcionamiento?</li> <li>3. ¿Cuál es la capacidad de usuarios máxima conectados a la red inalámbrica WIFI_UPAO en la actualidad?</li> <li>4. La población estudiantil y administrativa de la universidad está en constante crecimiento. ¿Se ha implementado alguna expansión de la red, o se tiene planeado algún cambio de infraestructura para brindar un mejor servicio?</li> <li>5. ¿Cuándo se implementó la red inalámbrica WIFI_UPAO en el pabellón G de ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego?</li> <li>6. ¿Se ha tomado en cuenta algún criterio de diseño para la instalación de la Red Inalámbrica WIFI_UPAO del pabellón G de ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego?</li> </ol> |  |
| <b>Resumen</b><br>El administrador de red del DSII de la UPAO, nos manifiesta que la red inalámbrica WIFI_UPAO se puso en funcionamiento en agosto del año 2011, con una capacidad para 15 mil usuarios. Actualmente la red inalámbrica WIFI_UPAO cuenta con una infraestructura con la capacidad para brindar servicios de internet a un número ilimitado de usuarios. Para lograr esto, se realizaron cambios en la infraestructura física y lógica inicial a lo largo del tiempo. Con respecto a la red inalámbrica del Pabellón G de ingeniería, fue implementada en el año 2013 de acuerdo a los criterios de diseño obtenidos como resultado de un estudio en campo del pabellón.   |  |

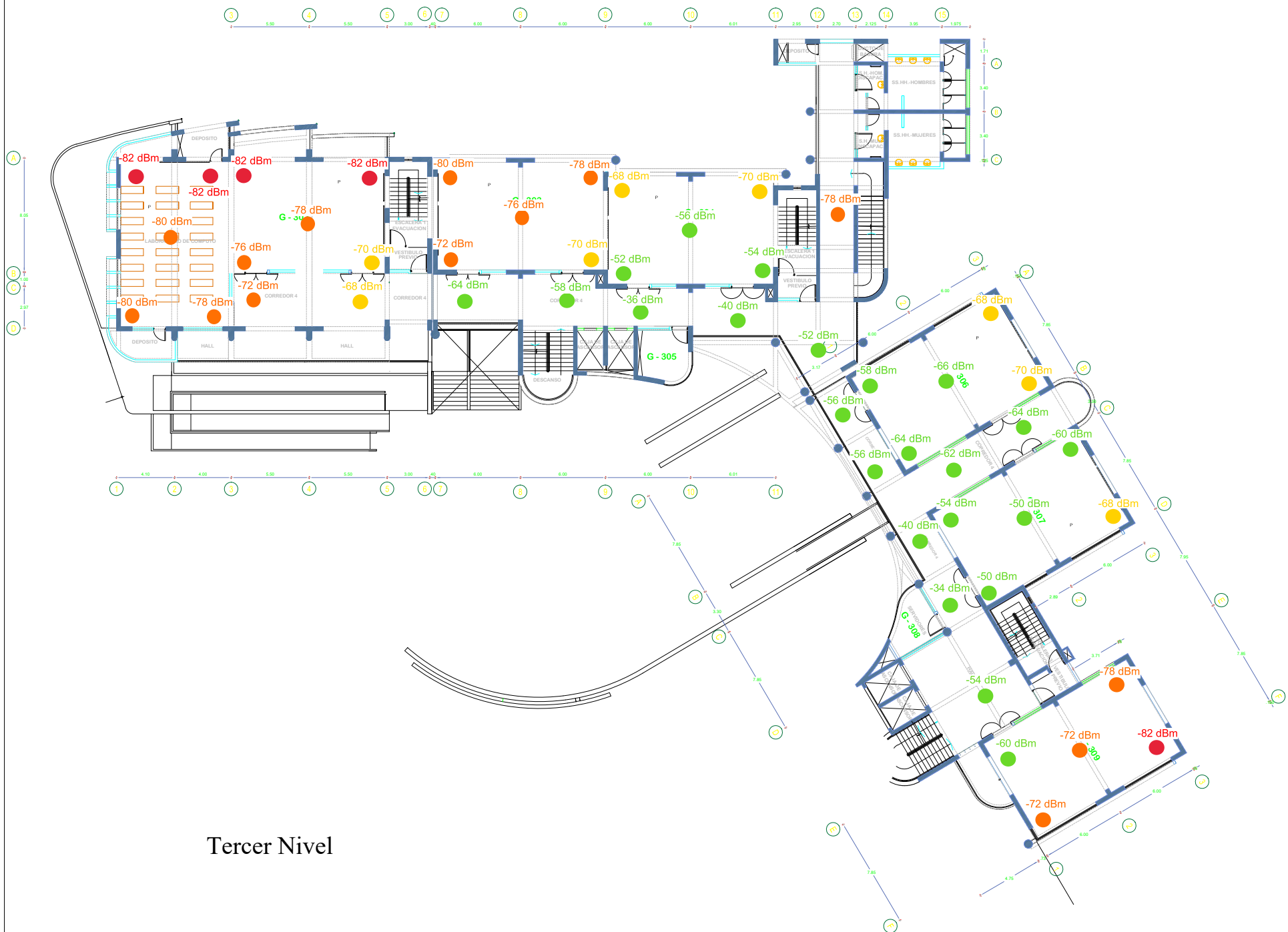


**ANEXO 03: Niveles de Señal en el Pabellón G, según  
Drive Test– Campus UPAO Trujillo**

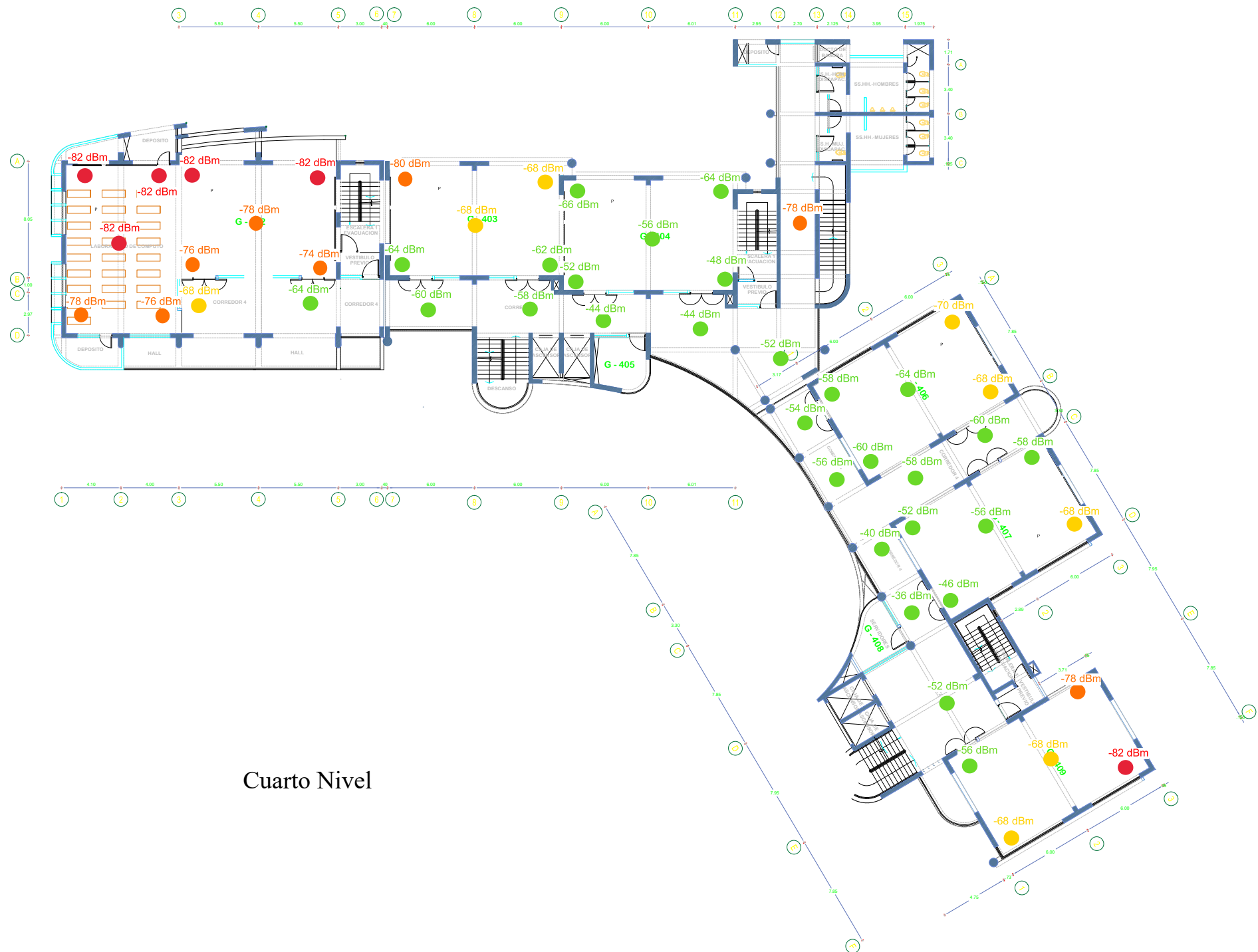


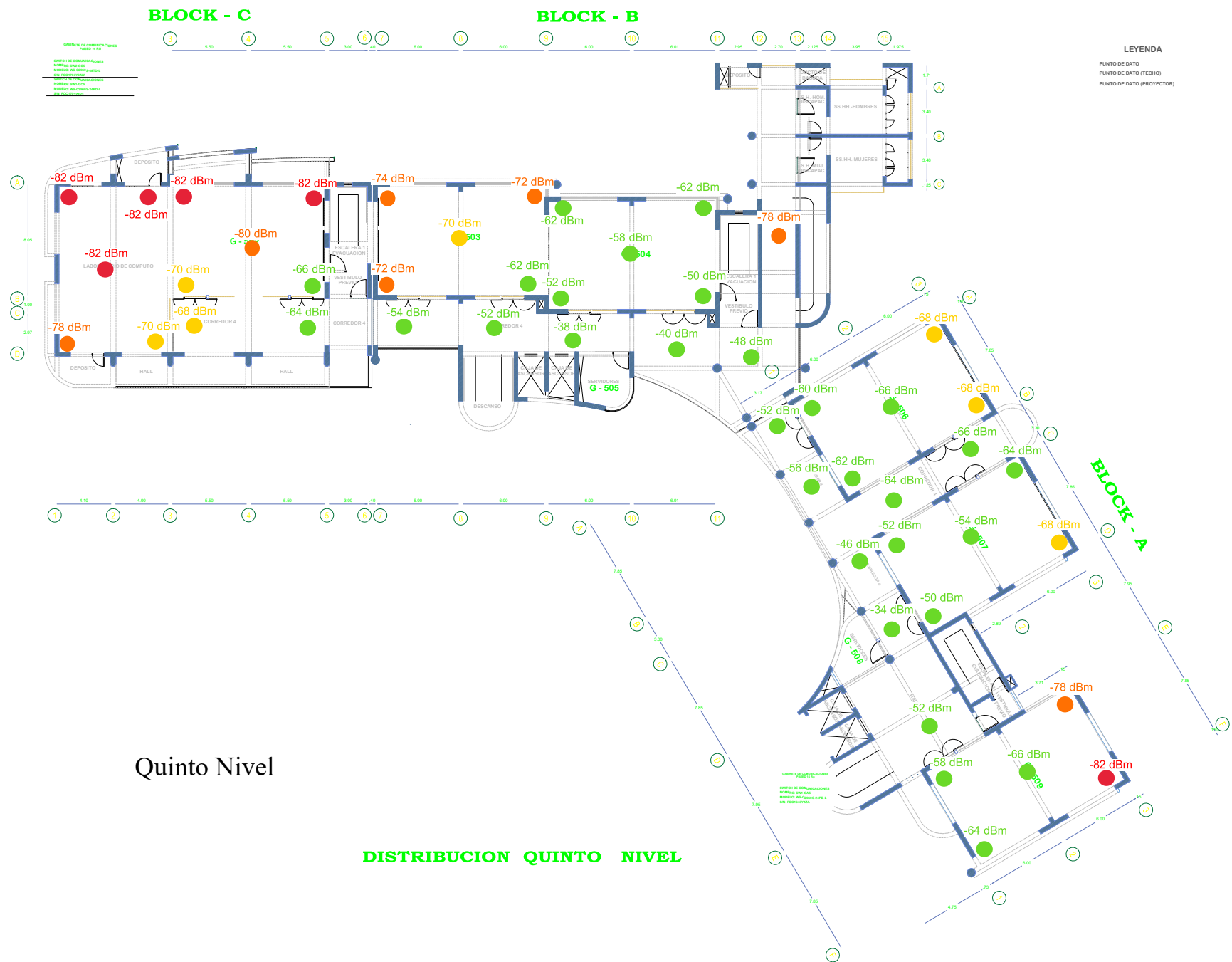






### Tercer Nivel





# BLOCK - C

# BLOCK - B

GABINETE DE COMUNICACIONES  
PARED Y FUEGO

SWITCH DE COMUNICACIONES  
NOMINALE 800V 20A  
MODELO: WSC-2000-20A-1  
SER: 10000000000000000000

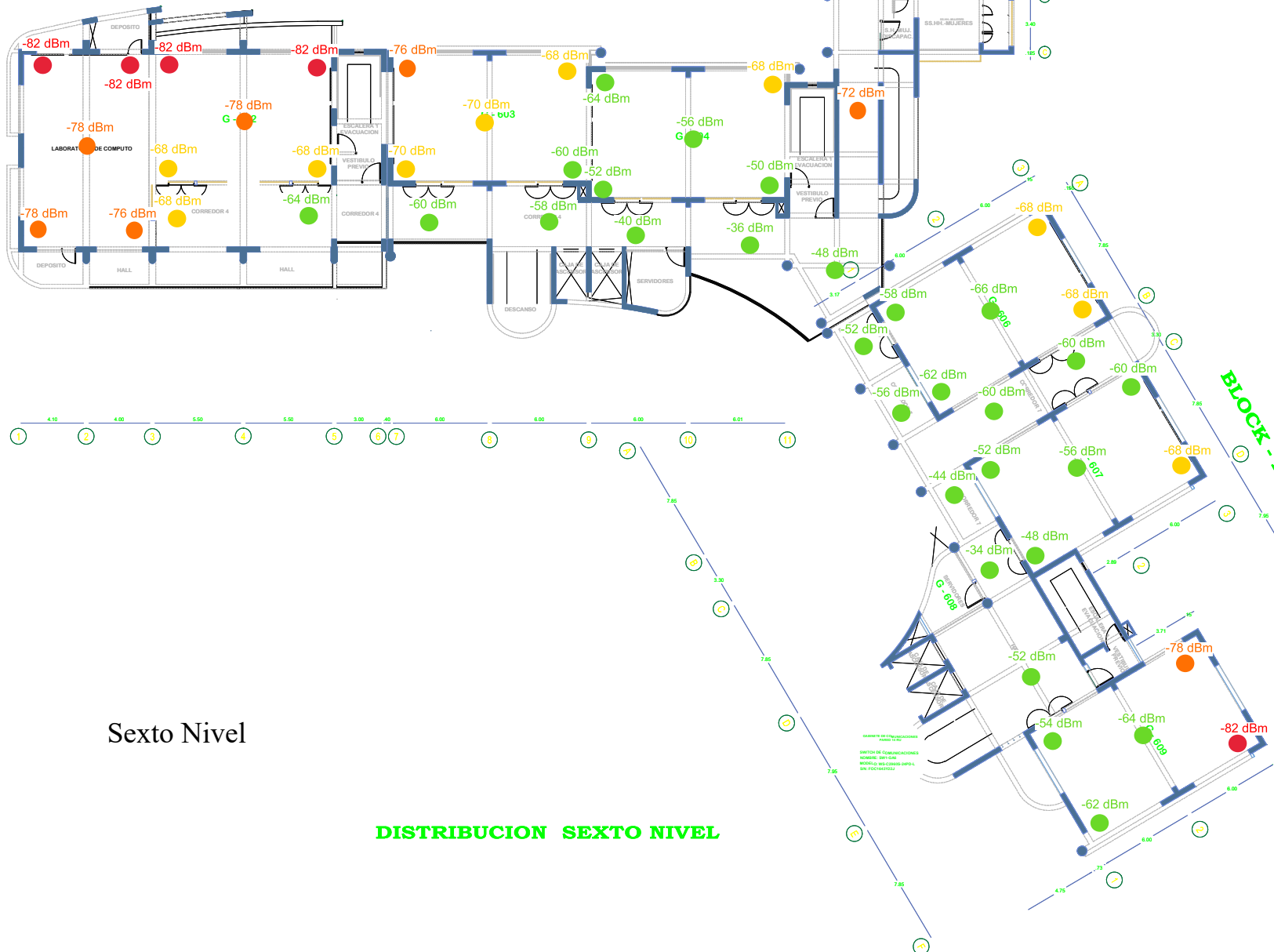
SWITCH DE COMUNICACIONES  
NOMINALE 800V 20A  
MODELO: WSC-2000-20A-1  
SER: 10000000000000000000

LEYENDA

PUNTO DE DATO

PUNTO DE DATO (TECHO)

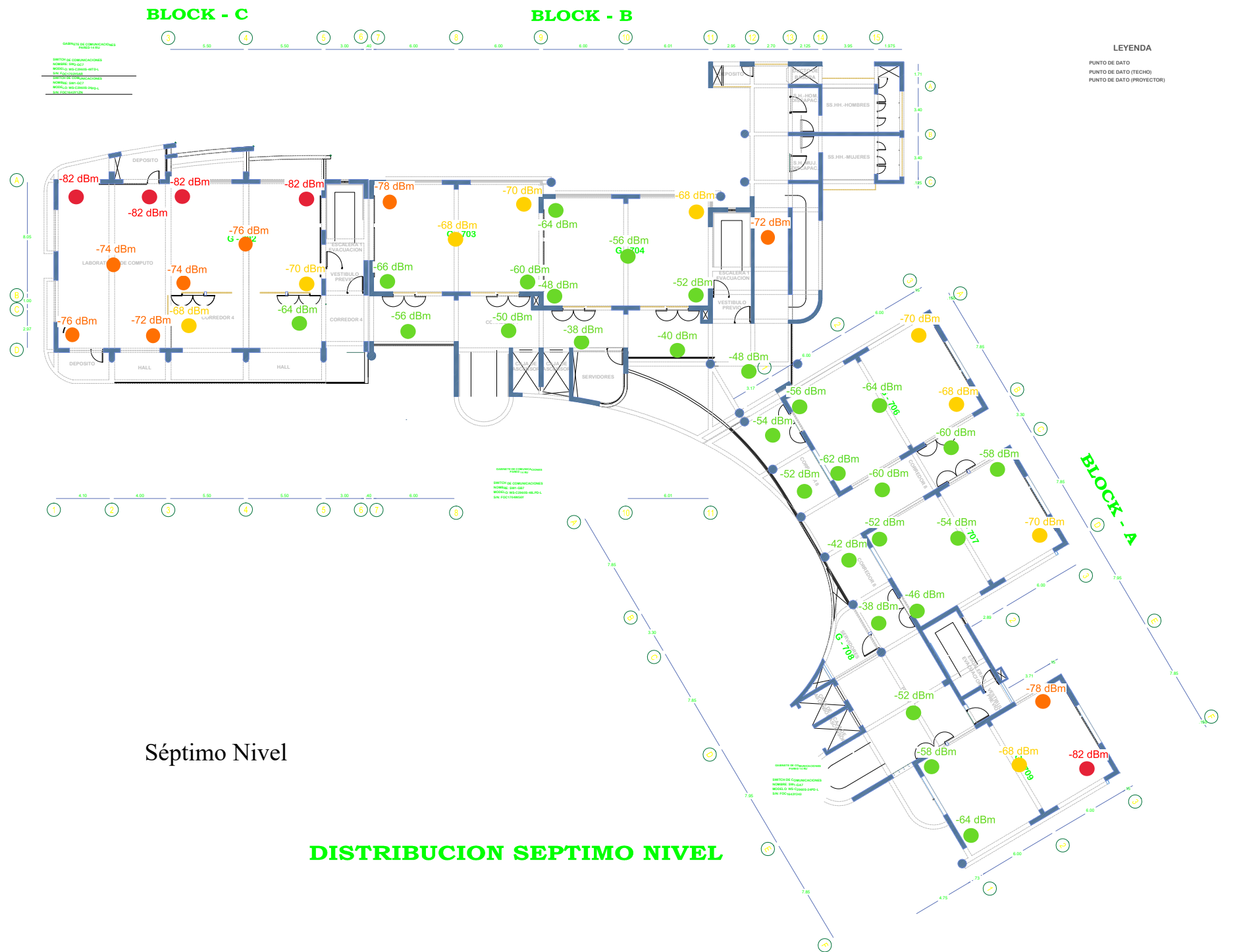
PUNTO DE DATO (PROYECTOR)



Sexto Nivel

DISTRIBUCION SEXTO NIVEL





**BLOCK - C**

**BLOCK - B**

**LEYENDA**

PUNTO DE DATO  
PUNTO DE DATO (TECHO)  
PUNTO DE DATO (PROYECTOR)

GABINETE DE COMUNICACIONES  
PUNTO DE DATO  
NOMBRE: SW-1000  
MODELO: WICOM-1000  
EN: 1000 MHz  
GABINETE DE COMUNICACIONES  
PUNTO DE DATO  
NOMBRE: SW-1000  
MODELO: WICOM-1000  
EN: 1000 MHz



Octavo Nivel

**DISTRIBUCION OCTAVO NIVEL**

**BLOCK - C****BLOCK - B****LEYENDA**

PUNTO DE DATO  
PUNTO DE DATO (TECHO)  
PUNTO DE DATO (PROYECTOR)



**ANEXO 04: Niveles de Señal en el Pabellón G, según Calibración de Software  
Ekahau– Campus UPAO Trujillo**

**Semi Sótano**

| Piso SS     |          |     |    |      |     |    |      |     |
|-------------|----------|-----|----|------|-----|----|------|-----|
| N° de punto | Potencia |     |    |      |     |    |      |     |
| 01          | -62      | dBm | 26 | -67  | dBm |    |      |     |
| 02          | -65      | dBm | 27 | -65  | dBm |    |      |     |
| 03          | -67      | dBm | 28 | -67  | dBm |    |      |     |
| 04          | -68      | dBm | 29 | -60  | dBm |    |      |     |
| 05          | -70      | dBm | 30 | -69  | dBm |    |      |     |
| 06          | -75      | dBm | 31 | -75  | dBm | 51 | -84  | dBm |
| 07          | -84      | dBm | 32 | -67  | dBm | 52 | -85  | dBm |
| 08          | -84      | dBm | 33 | -70  | dBm | 53 | -84  | dBm |
| 09          | -84      | dBm | 34 | -67  | dBm | 54 | -84  | dBm |
| 10          | -57      | dBm | 35 | -70  | dBm | 55 | -84  | dBm |
| 11          | -59      | dBm | 36 | -73  | dBm | 56 | -84  | dBm |
| 12          | -62      | dBm | 37 | -79  | dBm | 57 | -84  | dBm |
| 13          | -55      | dBm | 38 | -84  | dBm | 58 | -84  | dBm |
| 14          | -53      | dBm | 39 | -83  | dBm | 59 | -84  | dBm |
| 15          | -53      | dBm | 40 | -100 | dBm | 60 | -84  | dBm |
| 16          | -63      | dBm | 41 | -100 | dBm | 61 | -84  | dBm |
| 17          | -56      | dBm | 42 | -100 | dBm | 62 | -79  | dBm |
| 18          | -45      | dBm | 43 | -69  | dBm | 63 | -82  | dBm |
| 19          | -58      | dBm | 44 | -74  | dBm | 64 | -84  | dBm |
| 20          | -51      | dBm | 45 | -79  | dBm | 65 | -80  | dBm |
| 21          | -53      | dBm | 46 | -84  | dBm | 66 | -81  | dBm |
| 22          | -59      | dBm | 47 | -100 | dBm | 67 | -100 | dBm |
| 23          | -57      | dBm | 48 | -70  | dBm | 68 | -80  | dBm |
| 24          | -55      | dBm | 49 | -79  | dBm | 69 | -80  | dBm |
| 25          | -60      | dBm | 50 | -81  | dBm | 70 | -83  | dBm |

## Piso N° 1

| Piso N°1    |          |     |    |      |     |     |     |     |
|-------------|----------|-----|----|------|-----|-----|-----|-----|
| N° de punto | Potencia |     |    |      |     |     |     |     |
| 01          | -56      | dBm | 41 | -65  | dBm |     |     |     |
| 02          | -60      | dBm | 42 | -70  | dBm |     |     |     |
| 03          | -63      | dBm | 43 | -46  | dBm |     |     |     |
| 04          | -64      | dBm | 44 | -56  | dBm |     |     |     |
| 05          | -68      | dBm | 45 | -61  | dBm |     |     |     |
| 06          | -70      | dBm | 46 | -64  | dBm |     |     |     |
| 07          | -76      | dBm | 47 | -72  | dBm |     |     |     |
| 08          | -80      | dBm | 48 | -79  | dBm |     |     |     |
| 09          | -82      | dBm | 49 | -80  | dBm |     |     |     |
| 10          | -49      | dBm | 50 | -82  | dBm |     |     |     |
| 11          | -51      | dBm | 51 | -100 | dBm |     |     |     |
| 12          | -45      | dBm | 52 | -100 | dBm |     |     |     |
| 13          | -49      | dBm | 53 | -54  | dBm |     |     |     |
| 14          | -48      | dBm | 54 | -44  | dBm |     |     |     |
| 15          | -44      | dBm | 55 | -44  | dBm |     |     |     |
| 16          | -46      | dBm | 56 | -43  | dBm |     |     |     |
| 17          | -48      | dBm | 57 | -44  | dBm |     |     |     |
| 18          | -46      | dBm | 58 | -47  | dBm |     |     |     |
| 19          | -46      | dBm | 59 | -50  | dBm |     |     |     |
| 20          | -49      | dBm | 60 | -47  | dBm |     |     |     |
| 21          | -56      | dBm | 61 | -49  | dBm | 81  | -66 | dBm |
| 22          | -56      | dBm | 62 | -54  | dBm | 82  | -69 | dBm |
| 23          | -57      | dBm | 63 | -59  | dBm | 83  | -61 | dBm |
| 24          | -68      | dBm | 64 | -61  | dBm | 84  | -64 | dBm |
| 25          | -61      | dBm | 65 | -63  | dBm | 85  | -71 | dBm |
| 26          | -60      | dBm | 66 | -69  | dBm | 86  | -52 | dBm |
| 27          | -50      | dBm | 67 | -73  | dBm | 87  | -60 | dBm |
| 28          | -56      | dBm | 68 | -76  | dBm | 88  | -64 | dBm |
| 29          | -58      | dBm | 69 | -71  | dBm | 89  | -48 | dBm |
| 30          | -60      | dBm | 70 | -62  | dBm | 90  | -59 | dBm |
| 31          | -51      | dBm | 71 | -80  | dBm | 91  | -65 | dBm |
| 32          | -52      | dBm | 72 | -74  | dBm | 92  | -48 | dBm |
| 33          | -53      | dBm | 73 | -66  | dBm | 93  | -54 | dBm |
| 34          | -54      | dBm | 74 | -66  | dBm | 94  | -62 | dBm |
| 35          | -53      | dBm | 75 | -70  | dBm | 95  | -50 | dBm |
| 36          | -54      | dBm | 76 | -79  | dBm | 96  | -57 | dBm |
| 37          | -60      | dBm | 77 | -64  | dBm | 97  | -65 | dBm |
| 38          | -58      | dBm | 78 | -67  | dBm | 98  | -60 | dBm |
| 39          | -62      | dBm | 79 | -72  | dBm | 99  | -52 | dBm |
| 40          | -66      | dBm | 80 | -64  | dBm | 100 | -54 | dBm |

## Piso N° 2

| Piso N°2    |          |     |    |     |     |     |     |     |
|-------------|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| N° de punto | Potencia |     |    |     |     |     |     |     |
| 01          | -84      | dBm | 41 | -60 | dBm |     |     |     |
| 02          | -84      | dBm | 42 | -52 | dBm |     |     |     |
| 03          | -82      | dBm | 43 | -62 | dBm |     |     |     |
| 04          | -80      | dBm | 44 | -58 | dBm |     |     |     |
| 05          | -79      | dBm | 45 | -67 | dBm |     |     |     |
| 06          | -78      | dBm | 46 | -60 | dBm |     |     |     |
| 07          | -76      | dBm | 47 | -56 | dBm |     |     |     |
| 08          | -74      | dBm | 48 | -61 | dBm |     |     |     |
| 09          | -72      | dBm | 49 | -56 | dBm |     |     |     |
| 10          | -78      | dBm | 50 | -50 | dBm |     |     |     |
| 11          | -76      | dBm | 51 | -54 | dBm |     |     |     |
| 12          | -76      | dBm | 52 | -47 | dBm |     |     |     |
| 13          | -78      | dBm | 53 | -43 | dBm |     |     |     |
| 14          | -75      | dBm | 54 | -48 | dBm |     |     |     |
| 15          | -73      | dBm | 55 | -48 | dBm |     |     |     |
| 16          | -74      | dBm | 56 | -46 | dBm |     |     |     |
| 17          | -70      | dBm | 57 | -52 | dBm |     |     |     |
| 18          | -69      | dBm | 58 | -53 | dBm |     |     |     |
| 19          | -76      | dBm | 59 | -67 | dBm |     |     |     |
| 20          | -70      | dBm | 60 | -84 | dBm | 81  | -53 | dBm |
| 21          | -69      | dBm | 61 | -85 | dBm | 82  | -55 | dBm |
| 22          | -68      | dBm | 62 | -54 | dBm | 83  | -48 | dBm |
| 23          | -70      | dBm | 63 | -55 | dBm | 84  | -58 | dBm |
| 24          | -71      | dBm | 64 | -58 | dBm | 85  | -64 | dBm |
| 25          | -71      | dBm | 65 | -66 | dBm | 86  | -43 | dBm |
| 26          | -72      | dBm | 66 | -55 | dBm | 87  | -46 | dBm |
| 27          | -74      | dBm | 67 | -62 | dBm | 88  | -48 | dBm |
| 28          | -66      | dBm | 68 | -66 | dBm | 89  | -50 | dBm |
| 29          | -68      | dBm | 69 | -58 | dBm | 90  | -48 | dBm |
| 30          | -76      | dBm | 70 | -64 | dBm | 91  | -50 | dBm |
| 31          | -75      | dBm | 71 | -66 | dBm | 92  | -56 | dBm |
| 32          | -70      | dBm | 72 | -52 | dBm | 93  | -67 | dBm |
| 33          | -73      | dBm | 73 | -56 | dBm | 94  | -83 | dBm |
| 34          | -72      | dBm | 74 | -59 | dBm | 95  | -60 | dBm |
| 35          | -67      | dBm | 75 | -61 | dBm | 96  | -69 | dBm |
| 36          | -69      | dBm | 76 | -46 | dBm | 97  | -84 | dBm |
| 37          | -68      | dBm | 77 | -54 | dBm | 98  | -65 | dBm |
| 38          | -61      | dBm | 78 | -56 | dBm | 99  | -71 | dBm |
| 39          | -65      | dBm | 79 | -59 | dBm | 100 | -84 | dBm |
| 40          | -62      | dBm | 80 | -52 | dBm |     |     |     |

### Piso N° 3

| Piso N°3    |          |     |    |     |     |     |     |     |
|-------------|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| N° de punto | Potencia |     |    |     |     |     |     |     |
| 01          | -84      | dBm | 41 | -64 | dBm |     |     |     |
| 02          | -84      | dBm | 42 | -58 | dBm |     |     |     |
| 03          | -84      | dBm | 43 | -70 | dBm |     |     |     |
| 04          | -85      | dBm | 44 | -62 | dBm |     |     |     |
| 05          | -81      | dBm | 45 | -68 | dBm |     |     |     |
| 06          | -80      | dBm | 46 | -64 | dBm |     |     |     |
| 07          | -83      | dBm | 47 | -56 | dBm |     |     |     |
| 08          | -79      | dBm | 48 | -63 | dBm |     |     |     |
| 09          | -78      | dBm | 49 | -61 | dBm |     |     |     |
| 10          | -86      | dBm | 50 | -50 | dBm |     |     |     |
| 11          | -86      | dBm | 51 | -55 | dBm |     |     |     |
| 12          | -83      | dBm | 52 | -52 | dBm |     |     |     |
| 13          | -86      | dBm | 53 | -45 | dBm |     |     |     |
| 14          | -84      | dBm | 54 | -49 | dBm |     |     |     |
| 15          | -82      | dBm | 55 | -48 | dBm |     |     |     |
| 16          | -80      | dBm | 56 | -46 | dBm |     |     |     |
| 17          | -78      | dBm | 57 | -49 | dBm |     |     |     |
| 18          | -77      | dBm | 58 | -53 | dBm |     |     |     |
| 19          | -76      | dBm | 59 | -80 | dBm |     |     |     |
| 20          | -73      | dBm | 60 | -83 | dBm |     |     |     |
| 21          | -72      | dBm | 61 | -82 | dBm | 81  | -52 | dBm |
| 22          | -70      | dBm | 62 | -56 | dBm | 82  | -59 | dBm |
| 23          | -78      | dBm | 63 | -60 | dBm | 83  | -49 | dBm |
| 24          | -75      | dBm | 64 | -63 | dBm | 84  | -57 | dBm |
| 25          | -74      | dBm | 65 | -69 | dBm | 85  | -67 | dBm |
| 26          | -74      | dBm | 66 | -59 | dBm | 86  | -45 | dBm |
| 27          | -79      | dBm | 67 | -67 | dBm | 87  | -47 | dBm |
| 28          | -70      | dBm | 68 | -70 | dBm | 88  | -48 | dBm |
| 29          | -74      | dBm | 69 | -59 | dBm | 89  | -56 | dBm |
| 30          | -83      | dBm | 70 | -65 | dBm | 90  | -51 | dBm |
| 31          | -82      | dBm | 71 | -71 | dBm | 91  | -54 | dBm |
| 32          | -75      | dBm | 72 | -58 | dBm | 92  | -58 | dBm |
| 33          | -81      | dBm | 73 | -58 | dBm | 93  | -66 | dBm |
| 34          | -76      | dBm | 74 | -64 | dBm | 94  | -81 | dBm |
| 35          | -71      | dBm | 75 | -68 | dBm | 95  | -64 | dBm |
| 36          | -76      | dBm | 76 | -52 | dBm | 96  | -74 | dBm |
| 37          | -73      | dBm | 77 | -55 | dBm | 97  | -82 | dBm |
| 38          | -65      | dBm | 78 | -56 | dBm | 98  | -71 | dBm |
| 39          | -70      | dBm | 79 | -65 | dBm | 99  | -76 | dBm |
| 40          | -69      | dBm | 80 | -50 | dBm | 100 | -84 | dBm |

## Piso N° 4

| Piso N°4    |          |     |    |     |     |     |     |     |
|-------------|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| N° de punto | Potencia |     |    |     |     |     |     |     |
| 01          | -100     | dBm | 41 | -63 | dBm |     |     |     |
| 02          | -100     | dBm | 42 | -59 | dBm |     |     |     |
| 03          | -100     | dBm | 43 | -64 | dBm |     |     |     |
| 04          | -82      | dBm | 44 | -59 | dBm |     |     |     |
| 05          | -81      | dBm | 45 | -62 | dBm |     |     |     |
| 06          | -79      | dBm | 46 | -60 | dBm |     |     |     |
| 07          | -79      | dBm | 47 | -55 | dBm |     |     |     |
| 08          | -75      | dBm | 48 | -58 | dBm |     |     |     |
| 09          | -73      | dBm | 49 | -54 | dBm |     |     |     |
| 10          | -85      | dBm | 50 | -49 | dBm |     |     |     |
| 11          | -84      | dBm | 51 | -50 | dBm |     |     |     |
| 12          | -79      | dBm | 52 | -48 | dBm |     |     |     |
| 13          | -80      | dBm | 53 | -44 | dBm |     |     |     |
| 14          | -76      | dBm | 54 | -50 | dBm |     |     |     |
| 15          | -72      | dBm | 55 | -49 | dBm |     |     |     |
| 16          | -74      | dBm | 56 | -44 | dBm |     |     |     |
| 17          | -68      | dBm | 57 | -45 | dBm |     |     |     |
| 18          | -62      | dBm | 58 | -48 | dBm |     |     |     |
| 19          | -74      | dBm | 59 | -71 | dBm |     |     |     |
| 20          | -70      | dBm | 60 | -80 | dBm | 81  | -50 | dBm |
| 21          | -68      | dBm | 61 | -83 | dBm | 82  | -60 | dBm |
| 22          | -66      | dBm | 62 | -52 | dBm | 83  | -48 | dBm |
| 23          | -62      | dBm | 63 | -54 | dBm | 84  | -57 | dBm |
| 24          | -75      | dBm | 64 | -58 | dBm | 85  | -66 | dBm |
| 25          | -73      | dBm | 65 | -66 | dBm | 86  | -43 | dBm |
| 26          | -71      | dBm | 66 | -56 | dBm | 87  | -48 | dBm |
| 27          | -69      | dBm | 67 | -61 | dBm | 88  | -46 | dBm |
| 28          | -66      | dBm | 68 | -64 | dBm | 89  | -54 | dBm |
| 29          | -70      | dBm | 69 | -58 | dBm | 90  | -49 | dBm |
| 30          | -76      | dBm | 70 | -60 | dBm | 91  | -55 | dBm |
| 31          | -72      | dBm | 71 | -65 | dBm | 92  | -56 | dBm |
| 32          | -70      | dBm | 72 | -52 | dBm | 93  | -64 | dBm |
| 33          | -70      | dBm | 73 | -53 | dBm | 94  | -80 | dBm |
| 34          | -69      | dBm | 74 | -54 | dBm | 95  | -61 | dBm |
| 35          | -64      | dBm | 75 | -58 | dBm | 96  | -66 | dBm |
| 36          | -66      | dBm | 76 | -52 | dBm | 97  | -79 | dBm |
| 37          | -64      | dBm | 77 | -53 | dBm | 98  | -68 | dBm |
| 38          | -60      | dBm | 78 | -52 | dBm | 99  | -72 | dBm |
| 39          | -65      | dBm | 79 | -60 | dBm | 100 | -80 | dBm |
| 40          | -64      | dBm | 80 | -49 | dBm |     |     |     |



## Piso N° 5

| Piso N°5    |          |     |    |     |     |     |     |     |
|-------------|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| N° de punto | Potencia |     |    |     |     |     |     |     |
| 01          | -82      | dBm | 41 | -62 | dBm |     |     |     |
| 02          | -82      | dBm | 42 | -58 | dBm |     |     |     |
| 03          | -82      | dBm | 43 | -62 | dBm |     |     |     |
| 04          | -80      | dBm | 44 | -60 | dBm |     |     |     |
| 05          | -76      | dBm | 45 | -66 | dBm |     |     |     |
| 06          | -74      | dBm | 46 | -60 | dBm |     |     |     |
| 07          | -76      | dBm | 47 | -54 | dBm |     |     |     |
| 08          | -74      | dBm | 48 | -60 | dBm |     |     |     |
| 09          | -72      | dBm | 49 | -54 | dBm |     |     |     |
| 10          | -80      | dBm | 50 | -48 | dBm |     |     |     |
| 11          | -80      | dBm | 51 | -52 | dBm |     |     |     |
| 12          | -80      | dBm | 52 | -54 | dBm |     |     |     |
| 13          | -80      | dBm | 53 | -46 | dBm |     |     |     |
| 14          | -76      | dBm | 54 | -50 | dBm |     |     |     |
| 15          | -74      | dBm | 55 | -46 | dBm |     |     |     |
| 16          | -76      | dBm | 56 | -44 | dBm |     |     |     |
| 17          | -74      | dBm | 57 | -48 | dBm |     |     |     |
| 18          | -72      | dBm | 58 | -50 | dBm |     |     |     |
| 19          | -70      | dBm | 59 | -72 | dBm |     |     |     |
| 20          | -68      | dBm | 60 | -82 | dBm | 81  | -58 | dBm |
| 21          | -68      | dBm | 61 | -82 | dBm | 82  | -64 | dBm |
| 22          | -68      | dBm | 62 | -52 | dBm | 83  | -50 | dBm |
| 23          | -74      | dBm | 63 | -54 | dBm | 84  | -62 | dBm |
| 24          | -74      | dBm | 64 | -62 | dBm | 85  | -70 | dBm |
| 25          | -72      | dBm | 65 | -70 | dBm | 86  | -48 | dBm |
| 26          | -72      | dBm | 66 | -58 | dBm | 87  | -48 | dBm |
| 27          | -70      | dBm | 67 | -60 | dBm | 88  | -50 | dBm |
| 28          | -68      | dBm | 68 | -66 | dBm | 89  | -54 | dBm |
| 29          | -72      | dBm | 69 | -62 | dBm | 90  | -52 | dBm |
| 30          | -76      | dBm | 70 | -60 | dBm | 91  | -58 | dBm |
| 31          | -72      | dBm | 71 | -64 | dBm | 92  | -56 | dBm |
| 32          | -68      | dBm | 72 | -52 | dBm | 93  | -64 | dBm |
| 33          | -72      | dBm | 73 | -52 | dBm | 94  | -80 | dBm |
| 34          | -68      | dBm | 74 | -60 | dBm | 95  | -60 | dBm |
| 35          | -64      | dBm | 75 | -62 | dBm | 96  | -66 | dBm |
| 36          | -66      | dBm | 76 | -50 | dBm | 97  | -80 | dBm |
| 37          | -64      | dBm | 77 | -52 | dBm | 98  | -66 | dBm |
| 38          | -60      | dBm | 78 | -54 | dBm | 99  | -66 | dBm |
| 39          | -66      | dBm | 79 | -62 | dBm | 100 | -80 | dBm |
| 40          | -64      | dBm | 80 | -50 | dBm |     |     |     |

## Piso N° 6

| Piso N°6    |          |     |    |     |     |     |     |     |
|-------------|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| N° de punto | Potencia |     |    |     |     |     |     |     |
| 01          | -82      | dBm | 41 | -62 | dBm | 81  | -56 | dBm |
| 02          | -82      | dBm | 42 | -58 | dBm | 82  | -64 | dBm |
| 03          | -82      | dBm | 43 | -64 | dBm | 83  | -50 | dBm |
| 04          | -80      | dBm | 44 | -60 | dBm | 84  | -58 | dBm |
| 05          | -76      | dBm | 45 | -64 | dBm | 85  | -70 | dBm |
| 06          | -76      | dBm | 46 | -60 | dBm | 86  | -48 | dBm |
| 07          | -78      | dBm | 47 | -54 | dBm | 87  | -48 | dBm |
| 08          | -74      | dBm | 48 | -60 | dBm | 88  | -50 | dBm |
| 09          | -72      | dBm | 49 | -54 | dBm | 89  | -54 | dBm |
| 10          | -82      | dBm | 50 | -46 | dBm | 90  | -52 | dBm |
| 11          | -82      | dBm | 51 | -54 | dBm | 91  | -56 | dBm |
| 12          | -82      | dBm | 52 | -54 | dBm | 92  | -56 | dBm |
| 13          | -82      | dBm | 53 | -46 | dBm | 93  | -62 | dBm |
| 14          | -82      | dBm | 54 | -50 | dBm | 94  | -82 | dBm |
| 15          | -78      | dBm | 55 | -46 | dBm | 95  | -60 | dBm |
| 16          | -74      | dBm | 56 | -44 | dBm | 96  | -64 | dBm |
| 17          | -72      | dBm | 57 | -48 | dBm | 97  | -78 | dBm |
| 18          | -70      | dBm | 58 | -50 | dBm | 98  | -64 | dBm |
| 19          | -70      | dBm | 59 | -70 | dBm | 99  | -66 | dBm |
| 20          | -68      | dBm | 60 | -82 | dBm | 100 | -78 | dBm |
| 21          | -68      | dBm | 61 | -82 | dBm |     |     |     |
| 22          | -68      | dBm | 62 | -52 | dBm |     |     |     |
| 23          | -74      | dBm | 63 | -54 | dBm |     |     |     |
| 24          | -74      | dBm | 64 | -62 | dBm |     |     |     |
| 25          | -72      | dBm | 65 | -70 | dBm |     |     |     |
| 26          | -72      | dBm | 66 | -58 | dBm |     |     |     |
| 27          | -72      | dBm | 67 | -60 | dBm |     |     |     |
| 28          | -68      | dBm | 68 | -66 | dBm |     |     |     |
| 29          | -72      | dBm | 69 | -62 | dBm |     |     |     |
| 30          | -78      | dBm | 70 | -60 | dBm |     |     |     |
| 31          | -72      | dBm | 71 | -64 | dBm |     |     |     |
| 32          | -66      | dBm | 72 | -54 | dBm |     |     |     |
| 33          | -72      | dBm | 73 | -54 | dBm |     |     |     |
| 34          | -70      | dBm | 74 | -60 | dBm |     |     |     |
| 35          | -64      | dBm | 75 | -62 | dBm |     |     |     |
| 36          | -66      | dBm | 76 | -50 | dBm |     |     |     |
| 37          | -64      | dBm | 77 | -52 | dBm |     |     |     |
| 38          | -60      | dBm | 78 | -56 | dBm |     |     |     |
| 39          | -66      | dBm | 79 | -62 | dBm |     |     |     |
| 40          | -64      | dBm | 80 | -50 | dBm |     |     |     |

## Piso N° 7

| Piso N°7    |          |     |     |     |     |
|-------------|----------|-----|-----|-----|-----|
| N° de punto | Potencia |     |     |     |     |
| 01          | -82      | dBm | 41  | -60 | dBm |
| 02          | -82      | dBm | 42  | -58 | dBm |
| 03          | -82      | dBm | 43  | -66 | dBm |
| 04          | -76      | dBm | 44  | -64 | dBm |
| 05          | -74      | dBm | 45  | -68 | dBm |
| 06          | -76      | dBm | 46  | -60 | dBm |
| 07          | -76      | dBm | 47  | -56 | dBm |
| 08          | -72      | dBm | 48  | -62 | dBm |
| 09          | -72      | dBm | 49  | -52 | dBm |
| 10          | -82      | dBm | 50  | -50 | dBm |
| 11          | -82      | dBm | 51  | -54 | dBm |
| 12          | -82      | dBm | 52  | -56 | dBm |
| 13          | -80      | dBm | 53  | -50 | dBm |
| 14          | -78      | dBm | 54  | -50 | dBm |
| 15          | -76      | dBm | 55  | -48 | dBm |
| 16          | -74      | dBm | 56  | -44 | dBm |
| 17          | -72      | dBm | 57  | -48 | dBm |
| 18          | -72      | dBm | 58  | -50 | dBm |
| 19          | -70      | dBm | 59  | -72 | dBm |
| 20          | -68      | dBm | 60  | -80 | dBm |
| 21          | -66      | dBm | 61  | -80 | dBm |
| 22          | -66      | dBm | 62  | -54 | dBm |
| 23          | -74      | dBm | 63  | -54 | dBm |
| 24          | -72      | dBm | 64  | -62 | dBm |
| 25          | -72      | dBm | 65  | -70 | dBm |
| 26          | -74      | dBm | 66  | -58 | dBm |
| 27          | -76      | dBm | 67  | -62 | dBm |
| 28          | -66      | dBm | 68  | -68 | dBm |
| 29          | -74      | dBm | 69  | -62 | dBm |
| 30          | -80      | dBm | 70  | -64 | dBm |
| 31          | -74      | dBm | 71  | -66 | dBm |
| 32          | -70      | dBm | 72  | -54 | dBm |
| 33          | -76      | dBm | 73  | -54 | dBm |
| 34          | -70      | dBm | 74  | -60 | dBm |
| 35          | -66      | dBm | 75  | -64 | dBm |
| 36          | -70      | dBm | 76  | -50 | dBm |
| 37          | -66      | dBm | 77  | -52 | dBm |
| 38          | -62      | dBm | 78  | -58 | dBm |
| 39          | -64      | dBm | 79  | -60 | dBm |
| 40          | -62      | dBm | 80  | -50 | dBm |
|             |          |     | 81  | -58 | dBm |
|             |          |     | 82  | -62 | dBm |
|             |          |     | 83  | -48 | dBm |
|             |          |     | 84  | -58 | dBm |
|             |          |     | 85  | -70 | dBm |
|             |          |     | 86  | -46 | dBm |
|             |          |     | 87  | -46 | dBm |
|             |          |     | 88  | -50 | dBm |
|             |          |     | 89  | -54 | dBm |
|             |          |     | 90  | -52 | dBm |
|             |          |     | 91  | -58 | dBm |
|             |          |     | 92  | -60 | dBm |
|             |          |     | 93  | -64 | dBm |
|             |          |     | 94  | -80 | dBm |
|             |          |     | 95  | -62 | dBm |
|             |          |     | 96  | -70 | dBm |
|             |          |     | 97  | -80 | dBm |
|             |          |     | 98  | -66 | dBm |
|             |          |     | 99  | -70 | dBm |
|             |          |     | 100 | -80 | dBm |

## Piso N° 8

| Piso N°8    |          |     |    |     |     |     |     |     |
|-------------|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| N° de punto | Potencia |     |    |     |     |     |     |     |
| 01          | -82      | dBm | 41 | -60 | dBm |     |     |     |
| 02          | -82      | dBm | 42 | -56 | dBm |     |     |     |
| 03          | -82      | dBm | 43 | -62 | dBm |     |     |     |
| 04          | -80      | dBm | 44 | -62 | dBm |     |     |     |
| 05          | -80      | dBm | 45 | -68 | dBm |     |     |     |
| 06          | -78      | dBm | 46 | -56 | dBm |     |     |     |
| 07          | -76      | dBm | 47 | -56 | dBm |     |     |     |
| 08          | -74      | dBm | 48 | -62 | dBm |     |     |     |
| 09          | -72      | dBm | 49 | -50 | dBm |     |     |     |
| 10          | -82      | dBm | 50 | -46 | dBm |     |     |     |
| 11          | -82      | dBm | 51 | -54 | dBm |     |     |     |
| 12          | -82      | dBm | 52 | -52 | dBm |     |     |     |
| 13          | -82      | dBm | 53 | -52 | dBm |     |     |     |
| 14          | -80      | dBm | 54 | -54 | dBm |     |     |     |
| 15          | -80      | dBm | 55 | -58 | dBm |     |     |     |
| 16          | -76      | dBm | 56 | -48 | dBm |     |     |     |
| 17          | -74      | dBm | 57 | -56 | dBm |     |     |     |
| 18          | -72      | dBm | 58 | -62 | dBm |     |     |     |
| 19          | -72      | dBm | 59 | -56 | dBm |     |     |     |
| 20          | -68      | dBm | 60 | -62 | dBm |     |     |     |
| 21          | -68      | dBm | 61 | -78 | dBm | 81  | -42 | dBm |
| 22          | -66      | dBm | 62 | -52 | dBm | 82  | -54 | dBm |
| 23          | -70      | dBm | 63 | -50 | dBm | 83  | -48 | dBm |
| 24          | -68      | dBm | 64 | -56 | dBm | 84  | -44 | dBm |
| 25          | -68      | dBm | 65 | -68 | dBm | 85  | -56 | dBm |
| 26          | -66      | dBm | 66 | -48 | dBm | 86  | -50 | dBm |
| 27          | -74      | dBm | 67 | -52 | dBm | 87  | -60 | dBm |
| 28          | -64      | dBm | 68 | -68 | dBm | 88  | -66 | dBm |
| 29          | -62      | dBm | 69 | -46 | dBm | 89  | -70 | dBm |
| 30          | -78      | dBm | 70 | -50 | dBm | 90  | -58 | dBm |
| 31          | -74      | dBm | 71 | -64 | dBm | 91  | -74 | dBm |
| 32          | -66      | dBm | 72 | -46 | dBm | 92  | -78 | dBm |
| 33          | -74      | dBm | 73 | -46 | dBm | 93  | -80 | dBm |
| 34          | -68      | dBm | 74 | -46 | dBm | 94  | -72 | dBm |
| 35          | -64      | dBm | 75 | -46 | dBm | 95  | -82 | dBm |
| 36          | -66      | dBm | 76 | -46 | dBm | 96  | -80 | dBm |
| 37          | -64      | dBm | 77 | -40 | dBm | 97  | -76 | dBm |
| 38          | -58      | dBm | 78 | -42 | dBm | 98  | -82 | dBm |
| 39          | -62      | dBm | 79 | -54 | dBm | 99  | -82 | dBm |
| 40          | -60      | dBm | 80 | -38 | dBm | 100 | -82 | dBm |

## Piso N° 9

| Piso N°9    |          |     |    |     |     |     |     |     |
|-------------|----------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| N° de punto | Potencia |     |    |     |     |     |     |     |
| 01          | -84      | dBm | 41 | -60 | dBm |     |     |     |
| 02          | -84      | dBm | 42 | -62 | dBm |     |     |     |
| 03          | -84      | dBm | 43 | -58 | dBm |     |     |     |
| 04          | -68      | dBm | 44 | -58 | dBm |     |     |     |
| 05          | -66      | dBm | 45 | -52 | dBm |     |     |     |
| 06          | -70      | dBm | 46 | -54 | dBm |     |     |     |
| 07          | -80      | dBm | 47 | -48 | dBm |     |     |     |
| 08          | -74      | dBm | 48 | -58 | dBm |     |     |     |
| 09          | -70      | dBm | 49 | -62 | dBm |     |     |     |
| 10          | -80      | dBm | 50 | -52 | dBm |     |     |     |
| 11          | -80      | dBm | 51 | -58 | dBm |     |     |     |
| 12          | -80      | dBm | 52 | -46 | dBm |     |     |     |
| 13          | -78      | dBm | 53 | -48 | dBm |     |     |     |
| 14          | -80      | dBm | 54 | -46 | dBm |     |     |     |
| 15          | -80      | dBm | 55 | -44 | dBm |     |     |     |
| 16          | -72      | dBm | 56 | -42 | dBm |     |     |     |
| 17          | -74      | dBm | 57 | -44 | dBm |     |     |     |
| 18          | -72      | dBm | 58 | -46 | dBm |     |     |     |
| 19          | -66      | dBm | 59 | -62 | dBm |     |     |     |
| 20          | -66      | dBm | 60 | -82 | dBm |     |     |     |
| 21          | -68      | dBm | 61 | -82 | dBm | 81  | -60 | dBm |
| 22          | -72      | dBm | 62 | -46 | dBm | 82  | -68 | dBm |
| 23          | -68      | dBm | 63 | -52 | dBm | 83  | -68 | dBm |
| 24          | -74      | dBm | 64 | -56 | dBm | 84  | -64 | dBm |
| 25          | -80      | dBm | 65 | -60 | dBm | 85  | -70 | dBm |
| 26          | -62      | dBm | 66 | -56 | dBm | 86  | -72 | dBm |
| 27          | -58      | dBm | 67 | -58 | dBm | 87  | -56 | dBm |
| 28          | -56      | dBm | 68 | -60 | dBm | 88  | -60 | dBm |
| 29          | -56      | dBm | 69 | -56 | dBm | 89  | -62 | dBm |
| 30          | -82      | dBm | 70 | -58 | dBm | 90  | -64 | dBm |
| 31          | -80      | dBm | 71 | -60 | dBm | 91  | -64 | dBm |
| 32          | -78      | dBm | 72 | -46 | dBm | 92  | -64 | dBm |
| 33          | -72      | dBm | 73 | -48 | dBm | 93  | -64 | dBm |
| 34          | -68      | dBm | 74 | -56 | dBm | 94  | -66 | dBm |
| 35          | -64      | dBm | 75 | -60 | dBm | 95  | -66 | dBm |
| 36          | -76      | dBm | 76 | -62 | dBm | 96  | -70 | dBm |
| 37          | -66      | dBm | 77 | -54 | dBm | 97  | -70 | dBm |
| 38          | -68      | dBm | 78 | -58 | dBm | 98  | -70 | dBm |
| 39          | -62      | dBm | 79 | -66 | dBm | 99  | -74 | dBm |
| 40          | -62      | dBm | 80 | -66 | dBm | 100 | -72 | dBm |

**Resumen:**

|                  | Piso SS | Piso 1 | Piso 2 | Piso 3 | Piso 4 | Total |
|------------------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Puntos Verdes    | 1       | 23     | 14     | 11     | 16     | 65    |
| Puntos Amarillos | 24      | 53     | 44     | 35     | 46     | 202   |
| Puntos Naranjas  | 8       | 12     | 19     | 15     | 16     | 70    |
| Puntos Rojos     | 37      | 12     | 23     | 39     | 22     | 133   |
|                  | 70      | 100    | 100    | 100    | 100    | 470   |

|                  | Piso 5 | Piso 6 | Piso 7 | Piso 8 | Piso 9 | Total |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Puntos Verdes    | 13     | 13     | 13     | 19     | 11     | 69    |
| Puntos Amarillos | 45     | 46     | 43     | 37     | 49     | 220   |
| Puntos Naranjas  | 18     | 18     | 18     | 14     | 19     | 87    |
| Puntos Rojos     | 24     | 23     | 26     | 30     | 21     | 124   |
|                  | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 500   |

| Leyenda  |              |
|----------|--------------|
| Color    | Rango (-dBm) |
| Verde    | 30-50        |
| Amarillo | 51-67        |
| Naranja  | 68-73        |
| Rojo     | >74          |

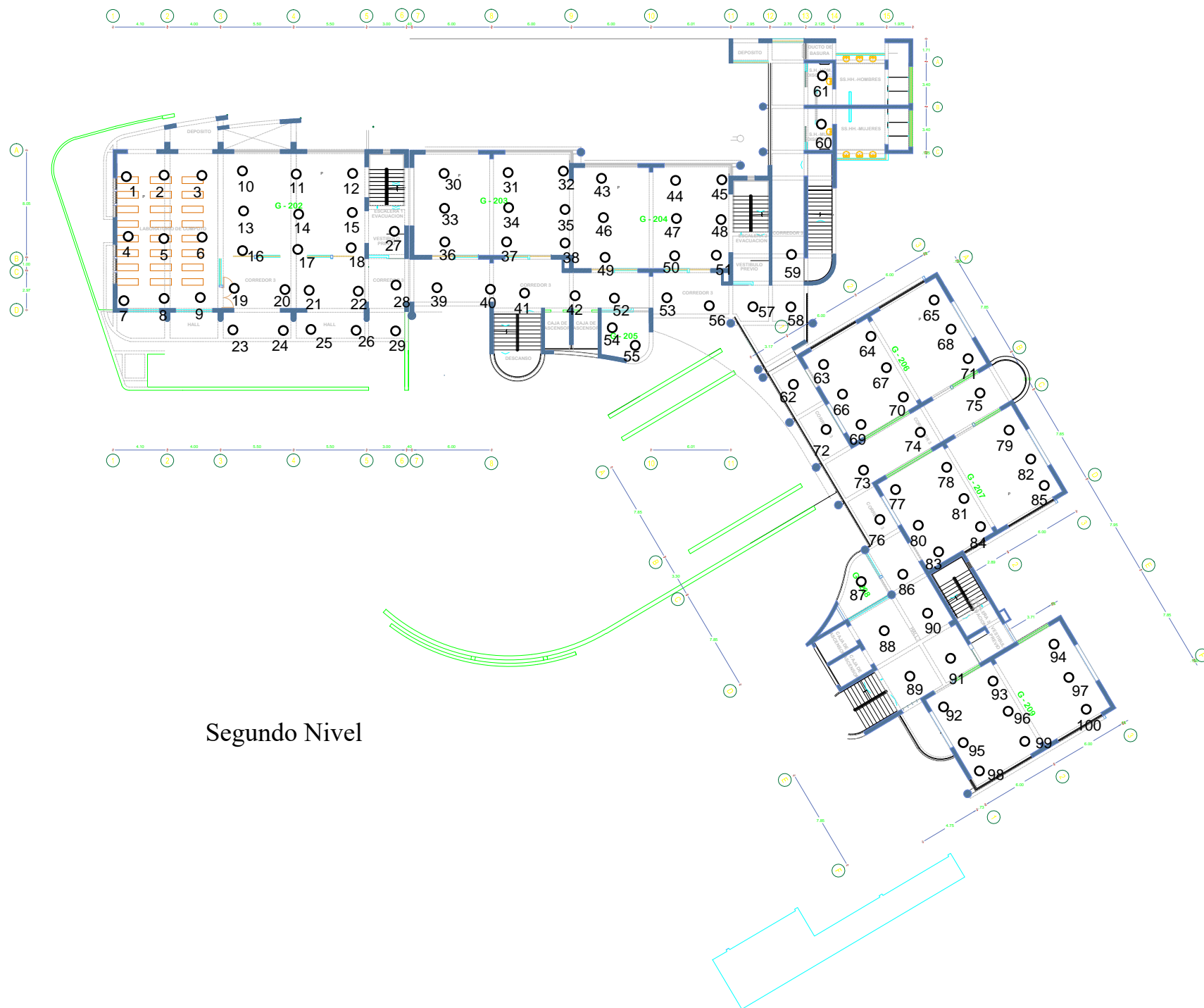


LEYENDA  
PUNTO DE DATO  
PUNTO DE DATO (TICHO)  
PUNTO DE DATO (PROYECTOR)

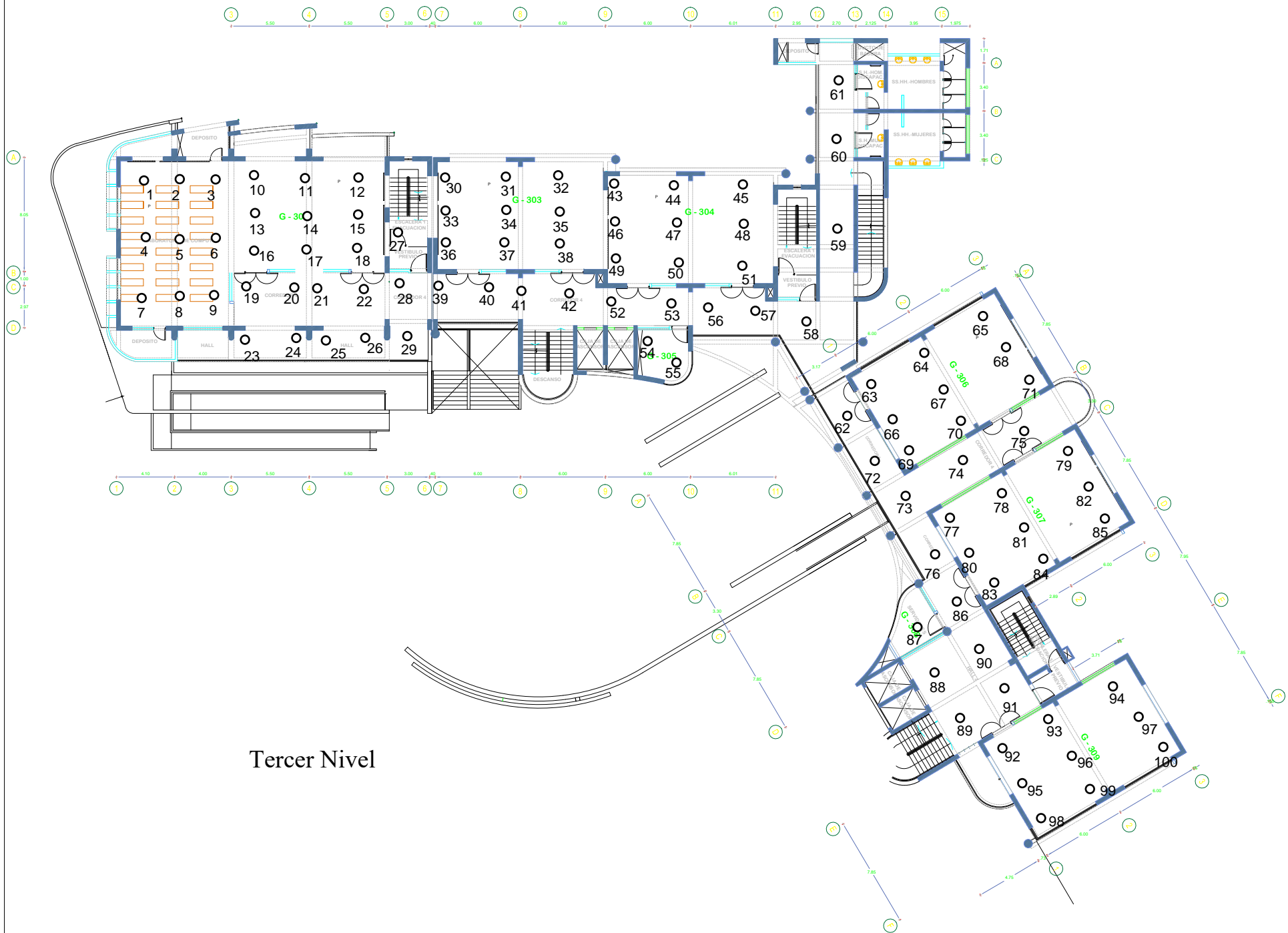
Nivel Semi Sótano



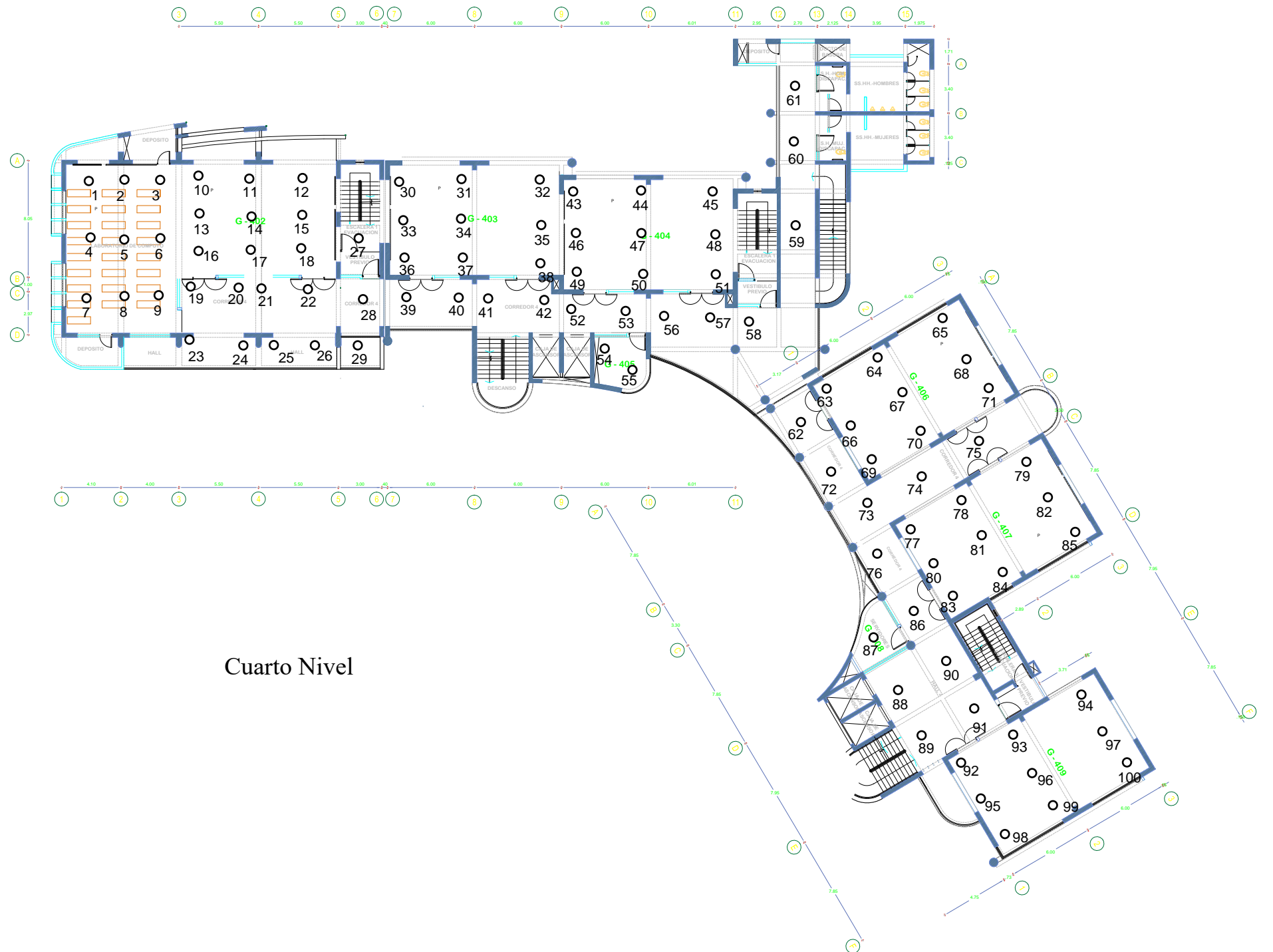




## Segundo Nivel



### Tercer Nivel



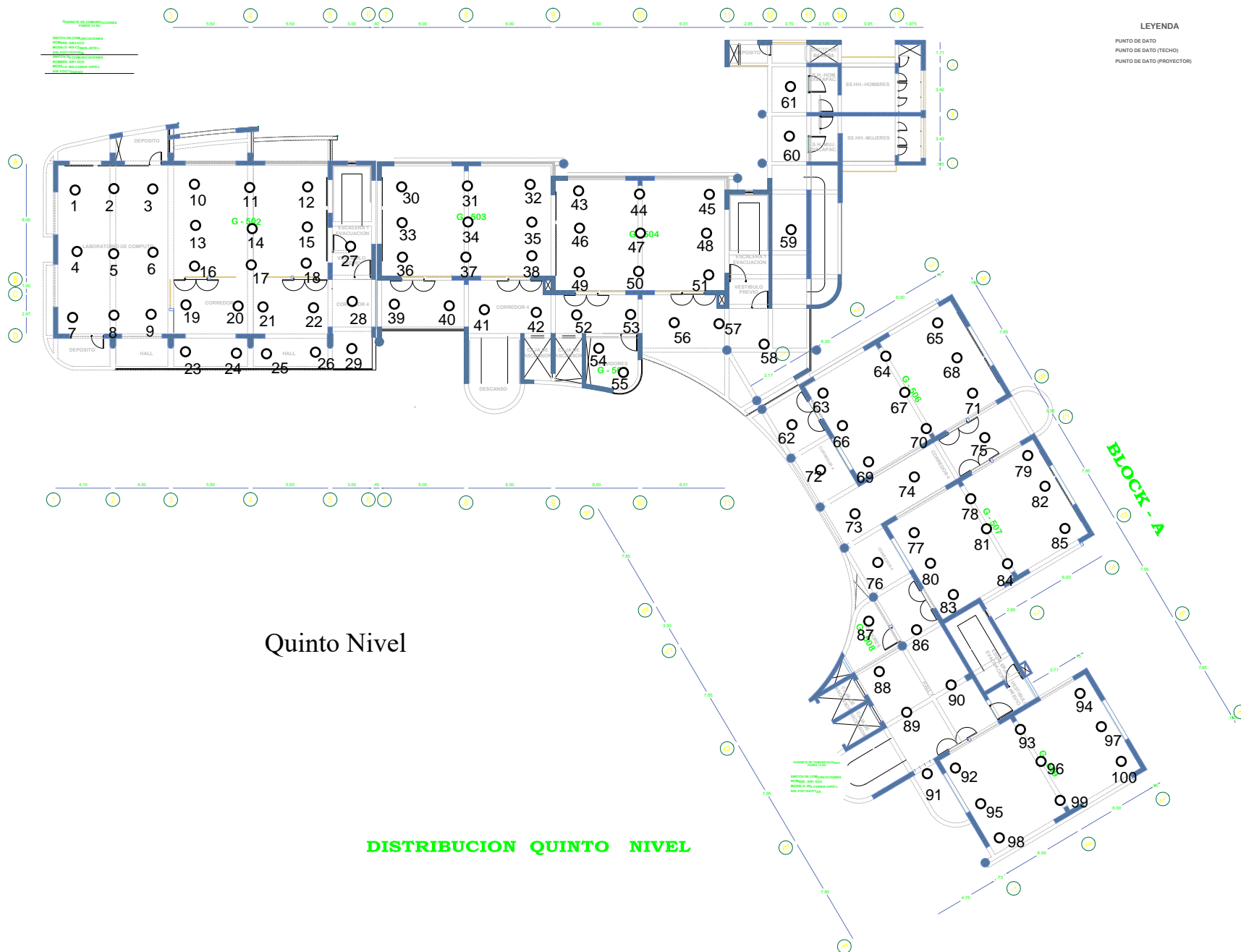
**BLOCK - C**

**BLOCK - B**

SECTOR DE COMUNICACIONES  
PUNTO DE DATO  
PUNTO DE DATO (TECHO)  
PUNTO DE DATO (PROYECTOR)

LEYENDA

PUNTO DE DATO  
PUNTO DE DATO (TECHO)  
PUNTO DE DATO (PROYECTOR)



Quinto Nivel

**DISTRIBUCION QUINTO NIVEL**

GABINETE DE COMUNICACIONES  
PARED 14 RU

---

SWITCH DE COMUNICACIONES  
NOMBRE: SW8-GC6  
MODELO: WS-C2960S-68TD-L  
S/N: FOC1702W5A3

---

SWITCH DE COMUNICACIONES  
NOMBRE: SW1-GC6  
MODELO: WS-C2960S-24PD-L  
S/N: FOC1643Y1Z1

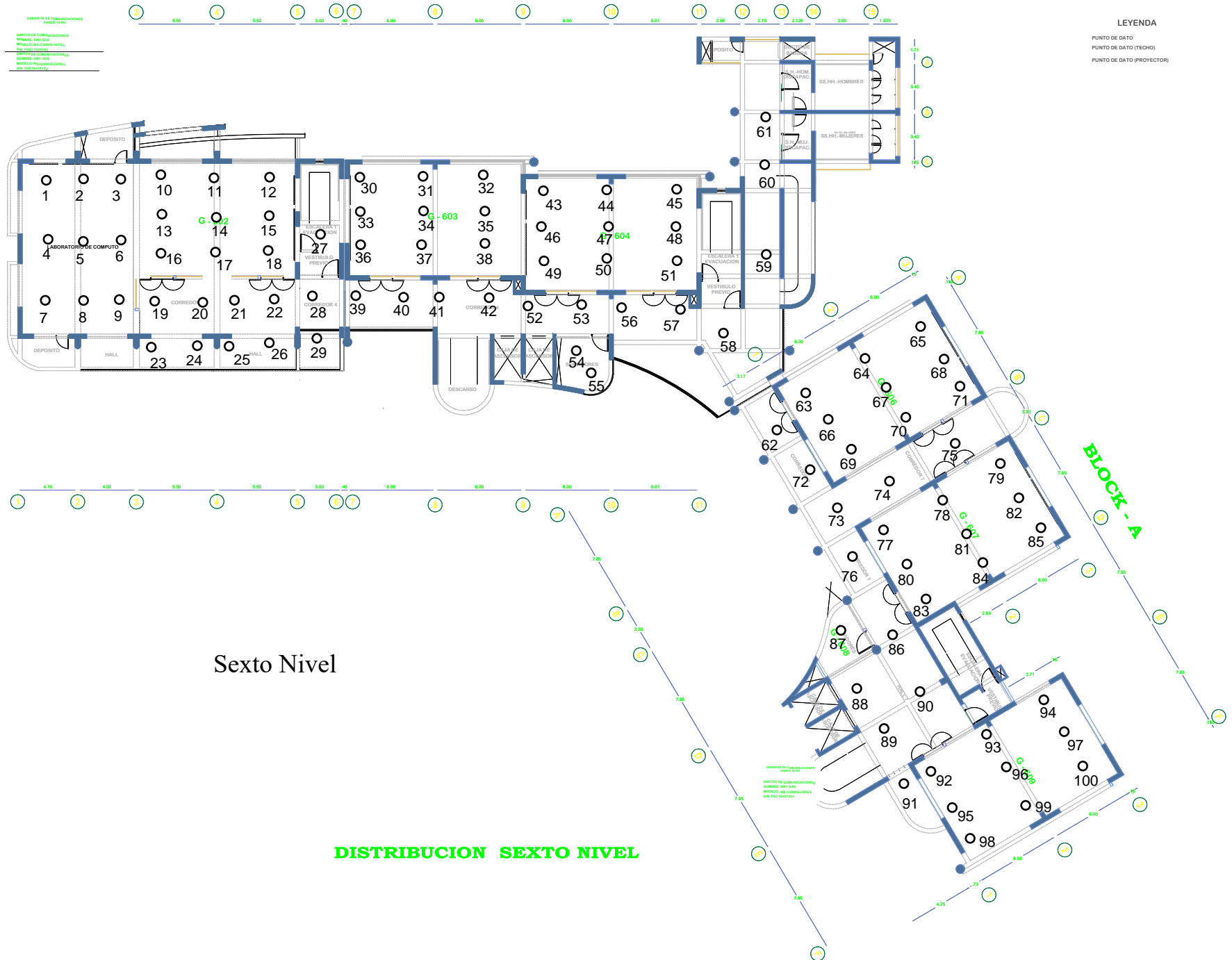
**LEYENDA**

PUNTO DE DATO

PUNTO DE DATO (TECHO)

PUNTO DE DATO (PROYECTOR)

### DISTRIBUCION SEXTO NIVEL



GABINETE DE COMUNICACIONES  
PARED 14 832

SWITCH DE COMUNICACIONES  
NOMBRE: SW2-GC7  
MODELO: WS-C2960S-48TD-L  
S/N: FOC17839VAR

---

SWITCH DE COMUNICACIONES  
NOMBRE: SW1-GC7  
MODELO: WS-C2960S-24PD-L  
S/N: FOC164911ZN

GABINETE DE COMUNICACIONES  
PARED 14 832

SWITCH DE COMUNICACIONES  
NOMBRE: SW2-GC7  
MODELO: WS-C2960S-48TD-L  
S/N: FOC17839VAR

---

SWITCH DE COMUNICACIONES  
NOMBRE: SW1-GC7  
MODELO: WS-C2960S-24PD-L  
S/N: FOC164911ZN

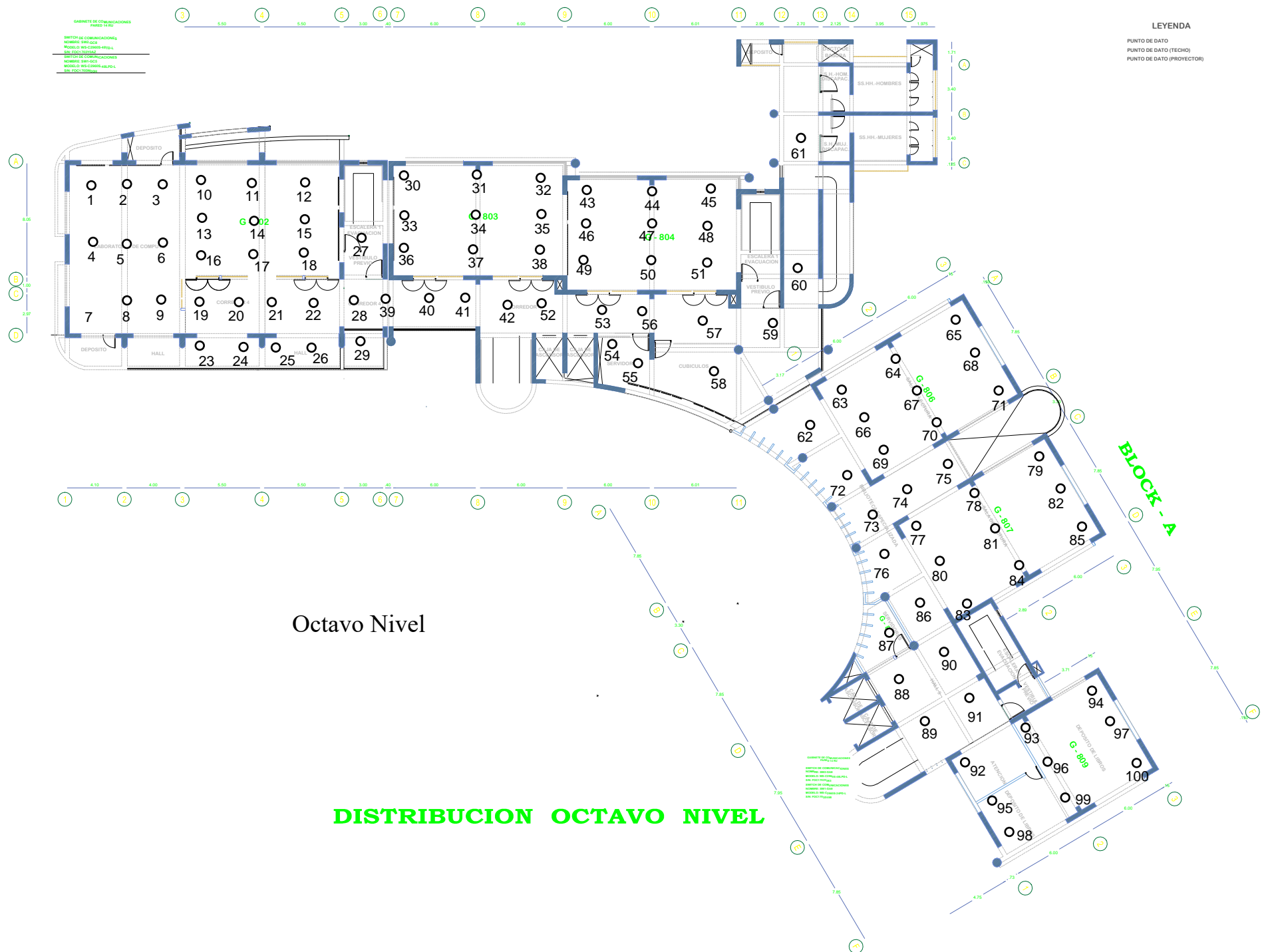
PUNTO DE DATO  
PUNTO DE DATO (TECHO)  
PUNTO DE DATO (PROYECTOR)

## DISTRIBUCION SEPTIMO NIVEL

3 5.50 4 5.50 5 3.00 6 40 7

9 10 11 12

PUNTO DE DATO  
PUNTO DE DATO (TECHO)  
PUNTO DE DATO (PROYECTOR)



## Octavo Nivel

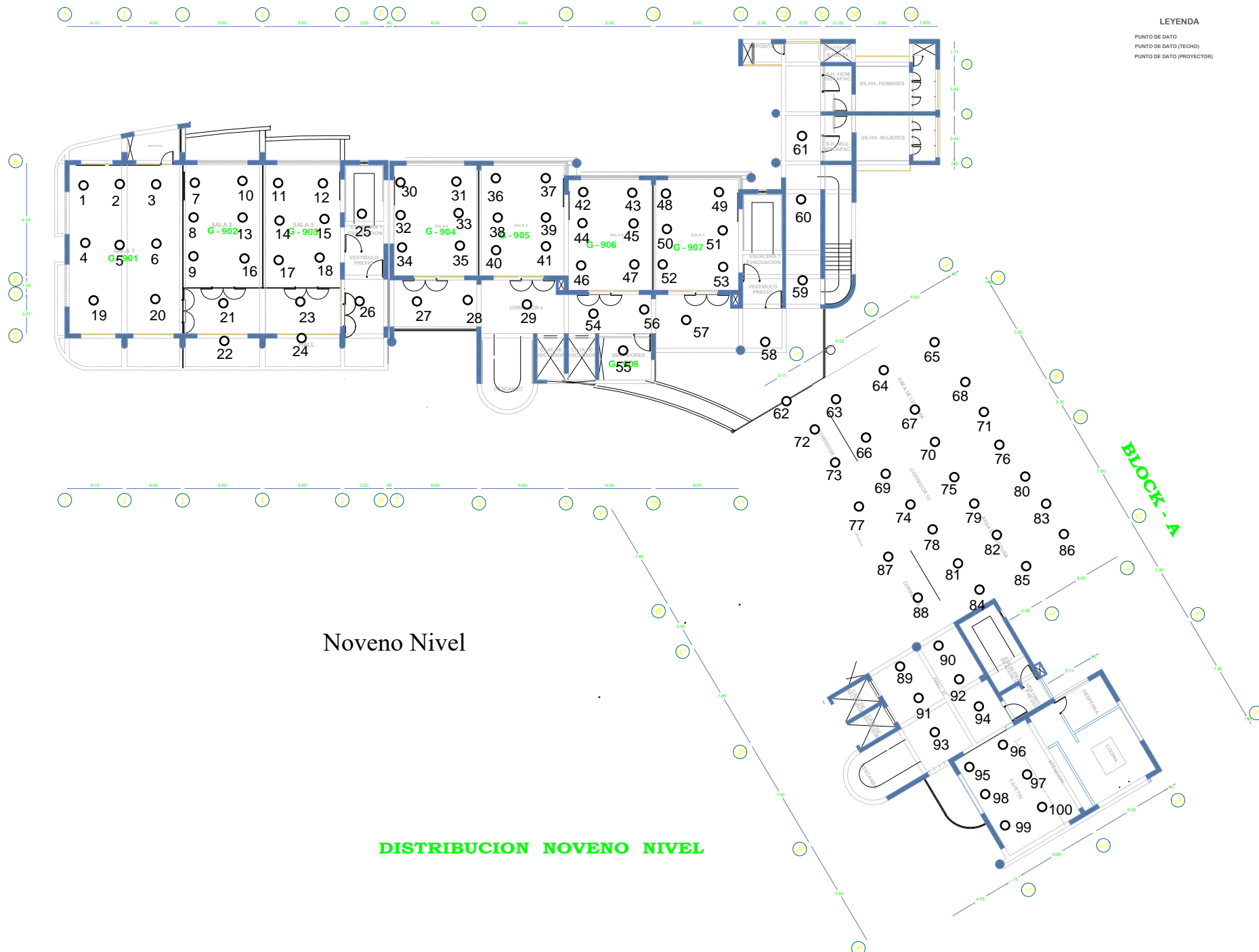
## DISTRIBUCION OCTAVO NIVEL



**BLOCK - C**

**BLOCK - B**

**LEYENDA**  
PUNTO DE DATO  
PUNTO DE DATO (TECHO)  
PUNTO DE DATO (PROYECTOR)



Noveno Nivel

**DISTRIBUCION NOVENO NIVEL**