

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TESIS

**DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EVALUANDO
LAS INTERFERENCIAS E INFLUENCIA ECONÓMICA, MEDIANTE
EL USO DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DEL
HOSPITAL II-1 DEL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE
CHUMBIVILCAS-CUSCO 2024**

PRESENTADO POR:

Br. CESAR SERRANO QUISPE

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ELECTRICISTA**

ASESOR:

Dr. EDGAR ZACARIAS ALARCÓN VALDIVIA

CUSCO - PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor EDGAR ZACARIAS ALARCÓN VALDIVIA, quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EVALUANDO LAS INTERFERENCIAS E INFLUENCIA ECONÓMICA, MEDIANTE EL USO DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DEL HOSPITAL II-1 DEL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS - CUSCO 2024.

Presentado por: CESAR SERRANO QUISPE DNI N° 46185740; presentado por: DNI N°:

Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO ELECTRICISTA.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del *Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 19 de DICIEMBRE de 2025

Firma

Post firma: EDGAR ZACARIAS ALARCÓN VALDIVIA.

Nro. de DNI 23821021

ORCID del Asesor 0000-0002-9168-7535

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259542008458

CESAR SERRANO

DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EVALUANDO LAS INTERFERENCIAS E INFLUENCIA ECONÓMICA, MEDIAN...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:542008458

234 páginas

Fecha de entrega

18 dic 2025, 4:01 p.m. GMT-5

44.935 palabras

Fecha de descarga

18 dic 2025, 4:10 p.m. GMT-5

285.495 caracteres

Nombre del archivo

TESIS FINAL-CESAR SERRANO 18.12.2025.pdf

Tamaño del archivo

22.3 MB

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

4%	Fuentes de Internet
0%	Publicaciones
3%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

Texto oculto

156 caracteres sospechosos en N.º de páginas

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Dr. EDGAR ZÁCARAS ALARCÓN VALDIVIA
DNI N.º: 23521021
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme la fuerza para perseverar. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico.

Dedico esta tesis con todo mi cariño y gratitud a mi madre Benedicta Quispe y a mis hermanos Edgar, Jorge, Elsa, David, Marco y Mauro por su amor incondicional, apoyo constante y por ser mi pilar en cada etapa de este camino. Gracias por creer en mí, por su paciencia y por motivarme a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Este logro es también suyo, porque sin ustedes no habría sido posible.

A la memoria de mi amado padre Francisco Serrano Huamán y mi querido hermano Lucio Serrano Quispe, quienes, con su fortaleza, perseverancia y esfuerzo han sido mi inspiración constante. Aunque ya no estén físicamente conmigo, su recuerdo vive en cada paso que doy y en cada logro que alcanzo. Esta tesis es un homenaje a su vida y a todo lo que me enseñaron. Gracias por ser mi guía y mi fuerza en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor Dr. Edgar Zacarias Alarcón Valdivia y a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis. A mi familia, por su amor, apoyo y paciencia incondicional, que fueron fundamentales para alcanzar esta meta. A mis profesores y tutores, por compartir sus conocimientos, guiarme y motivarme a lo largo de este proceso. A mis amigos, por su compañía y palabras de aliento en los momentos de dificultad. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a que este trabajo fuera una realidad.

INTRODUCCIÓN

El diseño de las instalaciones eléctricas en infraestructuras hospitalarias representa un reto técnico significativo debido a la complejidad de sus sistemas, la cantidad de especialidades que intervienen y la necesidad de garantizar continuidad operativa sin interrupciones. La falta de coordinación entre disciplinas puede generar interferencias durante la etapa constructiva, ocasionando sobrecostos, retrabajos y demoras en la ejecución. Frente a este panorama, la metodología BIM (Building Information Modeling) se consolida como una solución eficaz para anticipar conflictos, mejorar la planificación y optimizar recursos desde la fase de diseño.

El presente trabajo de diseño se desarrolla en el contexto del Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, en la provincia de Chumbivilcas, región Cusco. En dicho proyecto, se ha aplicado la metodología BIM para modelar las instalaciones eléctricas con precisión, empleando el software Revit-MEP, y para detectar interferencias interdisciplinarias mediante la herramienta Navisworks Manage. El enfoque permitió corregir miles de conflictos antes de la ejecución, mejorando la compatibilidad con otras especialidades como arquitectura, estructuras, sanitarias y mecánicas, y generando un ahorro económico significativo en el presupuesto general del proyecto.

El desarrollo del estudio se organiza en seis capítulos. El Capítulo I plantea el problema del diseño de las instalaciones eléctricas convencionales en hospitales II-1, justifica su relevancia y establece los objetivos. El Capítulo II presenta el marco teórico, conceptual y normativo que sustenta el estudio, abordando temas como instalaciones eléctricas hospitalarias, gestión BIM y modelado interdisciplinario. En el Capítulo III describe la distribución de las instalaciones eléctricas modeladas en Revit-MEP, mostrando su integración con otros componentes del hospital. El Capítulo IV aborda la identificación, clasificación y evaluación de interferencias encontradas entre disciplinas, así como su impacto técnico. En el Capítulo V se detalla la gestión del flujo de trabajo BIM, la coordinación entre software y los efectos

económicos obtenidos a partir de las correcciones realizadas. Finalmente, el Capítulo VI presenta el análisis integral de los resultados obtenidos, se contrastan los objetivos planteados, y se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo diseñar las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas – Cusco, aplicando la metodología BIM para identificar interferencias interdisciplinarias y evaluar su impacto económico. El modelado tridimensional fue desarrollado en Revit-MEP, mientras que la detección y análisis de interferencias se realizaron mediante el software Navisworks Manage, lo que permitió anticipar conflictos entre especialidades antes de la ejecución del proyecto. Como resultado del proceso de coordinación BIM, se lograron corregir 3,728 interferencias distribuidas en los cuatro niveles del hospital, lo que mejoró la compatibilidad del diseño eléctrico con otras disciplinas como arquitectura, estructuras, sanitarias y mecánicas. Esta optimización técnica se reflejó en una reducción económica significativa, alcanzando un ahorro estimado de S/ 5,440,485.81 sobre el presupuesto inicial, equivalente a una disminución del 6.32 %. El estudio demuestra que la integración del flujo de trabajo BIM, mediante el uso de herramientas como Revit-MEP y Navisworks, no solo mejora la precisión del diseño eléctrico, sino que también contribuye a una planificación más eficiente, reduciendo sobrecostos por rediseños y conflictos no previstos. La metodología BIM se consolida, así como una herramienta estratégica para elevar la eficiencia técnica y económica en proyectos de infraestructura hospitalaria compleja.

Palabras Claves: Instalaciones eléctricas, Metodología BIM, Interferencias, Eficiencia Económica.

ABSTRACT

The objective of this work was to design the electrical installations of Hospital II-1 in the district of Santo Tomás, province of Chumbivilcas - Cusco, applying the BIM methodology to identify interdisciplinary interferences and evaluate their economic impact. The three-dimensional modeling was developed in Revit-MEP, while the detection and analysis of interferences were performed using Navisworks Manage software, which allowed anticipating conflicts between specialties prior to project execution. As a result of the BIM coordination process, 3,728 interferences distributed throughout the four levels of the hospital were corrected, which improved the compatibility of the electrical design with other disciplines such as architecture, structures, sanitary and mechanical. This technical optimization was reflected in a significant economic reduction, reaching an estimated savings of S/. 5,440,485.81 over the initial budget, equivalent to a 6.32% reduction. The study demonstrates that the integration of the BIM workflow, through the use of tools such as Revit-MEP and Navisworks, not only improves the accuracy of the electrical design, but also contributes to more efficient planning, reducing cost overruns due to redesign and unforeseen conflicts. The BIM methodology is thus consolidated as a strategic tool to increase technical and economic efficiency in complex hospital infrastructure projects.

Keywords: electrical installations, BIM methodology, interferences, economic efficiency.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
INTRODUCCIÓN	4
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
ÍNDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS	18
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	19
1. CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	20
1.1. INTRODUCCIÓN	20
1.2. Ámbito geográfico.....	20
1.3. Planteamiento del problema	21
1.4. Formulación del problema	25
1.4.1. Problema general	25
1.4.2. Problemas específicos.....	25
1.5. Objetivos	25
1.5.1. Objetivo general.....	25
1.5.2. Objetivos específicos	26
1.6. Justificación del estudio	26
1.6.1. Justificación Teórica	26
1.6.2. Justificación Metodológica	26
1.6.3. Justificación Práctica	27
1.6.4. Justificación Social	27
1.7. Importancia.....	28
1.8. Alcances y limitaciones.....	28
1.8.1. Alcances.....	28
1.8.2. Limitaciones.....	29
1.9. Población y muestra	29
1.9.1. Población.....	29
1.9.2. Muestra	29
1.10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
1.11. Procesamiento de datos	30
1.12. Matriz de Consistencia	31
2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	34

2.1.	INTRODUCCIÓN	34
2.2.	Antecedentes del diseño de instalaciones eléctricas	34
2.2.1.	Antecedentes Internacionales.....	34
2.2.2.	Antecedentes Nacionales	36
2.2.3.	Antecedentes Locales.....	37
2.3.	Bases teóricas	38
2.3.1.	Introducción a la metodología BIM	38
2.3.2.	BIM en sistemas eléctricos	40
2.3.3.	Usos BIM	43
2.3.4.	Niveles de información BIM	45
2.3.5.	LOD (Leve lof Detail)	46
2.3.6.	LOI (leve lof Information)	47
2.3.7.	Miembros BIM.....	49
2.3.8.	Diseño de las instalaciones eléctricas	50
2.3.9.	Interferencias eléctricas	51
2.4.	Marco Conceptual	52
2.4.1.	Instalaciones Eléctricas	52
2.4.2.	Objetivos de una instalación eléctrica.....	52
2.4.3.	Building Information Modeling (BIM).....	53
2.4.4.	Dimensiones BIM	53
2.4.5.	Revit-MEP	55
2.4.6.	Navisworks Manage.....	56
2.4.7.	Detección de interferencias (Clash Detection)	57
2.4.8.	Hospitales.....	58
2.4.9.	Categorías de establecimientos de salud por nivel de atención en Perú	59
2.4.10.	Alimentadores	60
2.4.11.	Tableros	62
2.4.12.	Circuitos derivados.....	64
2.4.13.	Puesta a tierra	65
2.4.14.	Pararrayos.....	66
2.4.15.	Sistema de protección y control	67
2.4.16.	Evaluación de la demanda.....	68
2.4.17.	Cálculo de alimentadores y circuitos derivados	69
2.4.18.	Carga máxima de circuitos.....	71
2.4.19.	Calculo eléctrico.....	72
2.5.	Marco Normativo	77
3.	CAPÍTULO III DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	84

3.1.	INTRODUCCIÓN	84
3.2.	Planteamiento del uso BIM.....	84
3.3.	Esquema metodológico del uso de BIM	84
3.4.	Diseño de instalaciones eléctricas en el Hospital II-1	86
3.4.1.	Instalaciones eléctricas en el Primer Nivel	86
3.4.1.	Instalaciones eléctricas en el segundo Nivel.....	91
3.4.1.	Instalaciones eléctricas en el tercer Nivel.....	96
3.4.1.	Instalaciones eléctricas en el cuarto Nivel	99
3.5.	Análisis de la influencia económica en la etapa de planificación	104
4.	CAPÍTULO IV IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS	107
4.1.	INTRODUCCIÓN	107
4.2.	Interferencias Primer nivel.....	107
4.2.1.	Interferencias de Primer nivel con instalaciones sanitarias	107
4.2.1.	Interferencias de Primer nivel con instalaciones mecánicas.....	111
4.2.2.	Interferencias de Primer nivel con TIC.....	115
4.3.	Interferencias Segundo nivel.....	119
4.3.1.	Interferencias de Segundo nivel con instalaciones sanitarias	119
4.3.2.	Interferencias de Segundo nivel con instalaciones mecánicas.....	124
4.3.3.	Interferencias de Segundo nivel con TIC.....	128
4.4.	Interferencias Tercer nivel	132
4.4.1.	Interferencias de Tercer Nivel con instalaciones sanitarias	132
4.4.2.	Interferencias de Tercer Nivel con instalaciones mecánicas	135
4.4.3.	Interferencias de Tercer Nivel con TIC	139
4.4.4.	Interferencias Cuarto nivel.....	143
4.4.5.	Interferencias de Cuarto Nivel con instalaciones sanitarias	143
4.4.1.	Interferencias de Cuarto Nivel con instalaciones mecánicas	147
4.4.2.	Interferencias de Cuarto Nivel con TIC	151
4.5.	Proceso de detección de interferencias en Navisworks.....	155
5.	CAPÍTULO V INTEGRACIÓN DEL SOFTWARE REVIT-MEP EN LA GESTIÓN BIM DEL DISEÑO ELÉCTRICO.....	161
5.1.	INTRODUCCIÓN	161
5.2.	Aplicación práctica de Revit-MEP para instalaciones eléctricas	161
5.3.	Interferencias Corregidas Primer nivel	162
5.3.1.	Interferencias Corregidas de Primer nivel con instalaciones sanitarias	162
5.3.2.	Interferencias Corregidas de Primer Nivel con instalaciones mecánicas	166
5.3.3.	Interferencias Corregidas de Primer Nivel con TIC	170
5.4.	Interferencias Corregidas Segundo nivel	174

5.4.1.	Interferencias Corregidas de Segundo nivel con instalaciones sanitarias.....	174
5.4.2.	Interferencias Corregidas de Segundo Nivel con instalaciones mecánicas	178
5.4.3.	Interferencias Corregidas de Segundo Nivel con TIC	182
5.5.	Interferencias Corregidas Tercer nivel	186
5.5.1.	Interferencias Corregidas de Tercer nivel con instalaciones sanitarias	186
5.5.2.	Interferencias Corregidas de Tercer Nivel con instalaciones mecánicas.....	189
5.5.3.	Interferencias Corregidas de Tercer Nivel con TIC	193
5.6.	Interferencias Corregidas Cuarto nivel	197
5.6.1.	Interferencias Corregidas de Cuarto nivel con instalaciones sanitarias.....	197
5.6.2.	Interferencias Corregidas de Cuarto Nivel con instalaciones mecánicas	201
5.6.3.	Interferencias Corregidas de Cuarto Nivel con TIC	205
5.7.	Proceso de detección de interferencias en Navisworks con diseño corregido	209
5.8.	Repercusión en costos y plazos del diseño eléctrico.....	215
5.8.1.	Análisis técnico y económico	216
6.	CAPÍTULO VI ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	218
6.1.	INTRODUCCIÓN	218
6.2.	Contrastación del diseño con los hallazgos.....	218
	CONCLUSIONES	229
	RECOMENDACIONES.....	231
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	232

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa del distrito de Santo Tomas - Chumbivilcas – Cusco	21
Figura 2 Reporte de obras paralizadas en el territorio nacional a setiembre del 2023	22
Figura 3 Curva de MacLeamy: Esfuerzo-Tiempo	43
Figura 4 Dimensiones BIM-Ciclo de vida de una edificación	55
Figura 5 Icono Revit.....	56
Figura 6 Icono Navisworks Manage	57
Figura 7 Detección de interferencias HVAC-PLUMBING-color rojo de superposición	58
Figura 8 Procesos BIM empleado.....	85
Figura 9 Trazado de alimentadores del primer nivel del Hospital II-1	87
Figura 10 Distribución de luminarias y canalizaciones eléctricas en el Primer Nivel	89
Figura 11 Distribución de tomacorrientes y canalizaciones eléctricas en el Primer Nivel ...	90
Figura 12 Trazado de alimentadores del segundo nivel del Hospital II-1	93
Figura 13 Distribución de luminarias y canalizaciones eléctricas en el segundo nivel.....	94
Figura 14 Distribución de tomacorrientes y canalizaciones eléctricas en el segundo nivel..	95
Figura 15 Trazado de alimentadores del tercer nivel del Hospital II-1	97
Figura 16 Distribución de tomacorrientes y canalizaciones eléctricas en el tercer nivel.....	98
Figura 17 Trazado de alimentadores del cuarto nivel del Hospital II-1	101
Figura 18 Distribución de luminarias y canalizaciones eléctricas en el Cuarto Nivel	102
Figura 19 Distribución de tomacorrientes y canalizaciones eléctricas en el cuarto nivel...	103
Figura 20 Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 05 Grave.	108
Figura 21 Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 06 Grave.	109
Figura 22 Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 10 Grave.	110
Figura 23 Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 13 Grave.	111
Figura 24 Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 01 Grave	112
Figura 25 Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 60 Grave	113
Figura 26 Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 104 Grave	114
Figura 27 Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 135 Grave	115
Figura 28 Interferencia de Primer Nivel con TIC-conflicto 101 Grave	116
Figura 29 Interferencia de Primer Nivel con TIC-conflicto 106 Grave	117
Figura 30 Interferencia de Primer Nivel con TIC-conflicto 494 Grave	118

Figura 31 Interferencia de Primer Nivel con TIC-conflicto 790 Grave	119
Figura 32 Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 03 Grave	120
Figura 33 Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 04 Grave	121
Figura 34 Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 13 Grave	122
Figura 35 Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 22 Grave	123
Figura 36 Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 01 Grave	124
Figura 37 Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 85 Grave	125
Figura 38 Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 100 Grave	126
Figura 39 Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 132 Grave	127
Figura 40 Interferencia de Segundo Nivel con TIC-conflicto 01 Grave.....	128
Figura 41 Interferencia de Segundo Nivel con TIC-conflicto 22 Grave.....	129
Figura 42 Interferencia de Segundo Nivel con TIC-conflicto 80 Grave.....	130
Figura 43 Interferencia de Segundo Nivel con TIC-conflicto 721 Grave.....	131
Figura 44 Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 01 Grave .	132
Figura 45 Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 02 Grave .	133
Figura 46 Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 07 Grave .	134
Figura 47 Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 49 Grave	135
Figura 48 Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 59 Grave	136
Figura 49 Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 191 Grave	137
Figura 50 Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 223 Grave	138
Figura 51 Interferencia de Tercer Nivel con TIC-conflicto 47 Grave	139
Figura 52 Interferencia de Tercer Nivel con TIC-conflicto 69 Grave	140
Figura 53 Interferencia de Tercer Nivel con TIC-conflicto 407 Grave	141
Figura 54 Interferencia de Tercer Nivel con TIC-conflicto 714 Grave	142

Figura 55 Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 35 Grave.	143
Figura 56 Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 106 Grave	144
Figura 57 Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 118 Grave	145
Figura 58 Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 120 Grave	146
Figura 59 Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 01 Grave	147
Figura 60 Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 24 Grave	148
Figura 61 Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 187 Grave	149
Figura 62 Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 203 Grave	150
Figura 63 Interferencia de Cuarto Nivel con TIC-conflicto 54 Grave	151
Figura 64 Interferencia de Cuarto Nivel con TIC-conflicto 92 Grave	152
Figura 65 Interferencia de Cuarto Nivel con TIC-conflicto 325 Grave	153
Figura 66 Interferencia de Cuarto Nivel con TIC-conflicto 519 Grave	154
Figura 67 Distribución de interferencias detectadas – Primer Nivel según especialidad (diseño inicial)	156
Figura 68 Distribución de interferencias detectadas – Segundo Nivel según especialidad (diseño inicial)	157
Figura 69 Distribución de interferencias detectadas – Tercer Nivel según especialidad (diseño inicial)	159
Figura 70 Distribución de interferencias detectadas – Cuarto Nivel según especialidad (diseño inicial)	160
Figura 71 Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 05 Grave	163
Figura 72 Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 06 Grave	164
Figura 73 Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 10 Grave	165
Figura 74 Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 13 Grave	166

Figura 75 Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 01 Grave.....	167
Figura 76 Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 60 Grave.....	168
Figura 77 Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 104 Grave.....	169
Figura 78 Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 135 Grave.....	170
Figura 79 Interferencia de Primer Nivel corregida con TIC conflicto 101 Grave.....	171
Figura 80 Interferencia de Primer Nivel corregida con TIC conflicto 106 Grave.....	172
Figura 81 Interferencia de Primer Nivel corregida con TIC conflicto 494 Grave.....	173
Figura 82 Interferencia de Primer Nivel corregida con TIC conflicto 790 Grave.....	174
Figura 83 Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 03 Grave.....	175
Figura 84 Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 04 Grave.....	176
Figura 85 Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 13 Grave.....	177
Figura 86 Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 22 Grave.....	178
Figura 87 Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 01 Grave.....	179
Figura 88 Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 85 Grave.....	180
Figura 89 Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 100 Grave.....	181
Figura 90 Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 132 Grave.....	182
Figura 91 Interferencia de Segundo Nivel corregida con TIC conflicto 01 Grave	183
Figura 92 Interferencia de Segundo Nivel corregida con TIC conflicto 22 Grave	184
Figura 93 Interferencia de Segundo Nivel corregida con TIC conflicto 80 Grave	185
Figura 94 Interferencia de Segundo Nivel corregida con TIC conflicto 721 Grave	186
Figura 95 Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 01 Grave.....	187

Figura 96 Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 02 Grave.....	188
Figura 97 Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 07 Grave.....	189
Figura 98 Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 49 Grave.....	190
Figura 99 Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 59 Grave.....	191
Figura 100 Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 191 Grave.....	192
Figura 101 Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 223 Grave.....	193
Figura 102 Interferencia de Tercer Nivel corregida con TIC conflicto 47 Grave	194
Figura 103 Interferencia de Tercer Nivel corregida con TIC conflicto 69 Grave	195
Figura 104 Interferencia de Tercer Nivel corregida con TIC conflicto 407 Grave	196
Figura 105 Interferencia de Tercer Nivel corregida con TIC conflicto 714 Grave	197
Figura 106 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 35 Grave.....	198
Figura 107 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 106 Grave.....	199
Figura 108 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 118 Grave.....	200
Figura 109 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 120 Grave.....	201
Figura 110 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 01 Grave.....	202
Figura 111 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 24 Grave.....	203
Figura 112 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 187 Grave.....	204
Figura 113 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 203 Grave.....	205
Figura 114 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con TIC conflicto 54 Grave	206
Figura 115 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con TIC conflicto 92 Grave	207

Figura 116 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con TIC conflicto 325 Grave.....	208
Figura 117 Interferencia de Cuarto Nivel corregida con TIC conflicto 519 Grave.....	209
Figura 118 Distribución de interferencias – Primer Nivel según especialidad (diseño corregido)	210
Figura 119 Distribución de interferencias – Segundo Nivel según especialidad (diseño corregido)	212
Figura 120 Distribución de interferencias – Tercer Nivel según especialidad (diseño corregido)	213
Figura 121 Distribución de interferencias – Cuarto Nivel según especialidad (diseño corregido)	214
Figura 122 Reducción de interferencias – Primer Nivel según reporte analizado	219
Figura 123 Reducción de interferencias – Segundo Nivel según reporte analizado	221
Figura 124 Reducción de interferencias – Tercer Nivel según reporte analizado	222
Figura 125 Reducción de interferencias – Cuarto Nivel según reporte analizado	224
Figura 126 Disminución porcentual de costos por partidas presupuestales mediante modelado BIM	227

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Hospitales paralizados en Perú</i>	23
Tabla 2 <i>Cuadro de Operacionalización.....</i>	30
Tabla 3 <i>Matriz de Consistencia</i>	32
Tabla 4 <i>Guías o protocolos de BIM por país.....</i>	40
Tabla 5 <i>Usos BIM nacionales</i>	43
Tabla 6 <i>Sistema LOD según los diferentes estándares de especificaciones</i>	45
Tabla 7 <i>Matriz de Nivel de Detalle LOD</i>	46
Tabla 8 <i>Matriz de Nivel de información LOI.....</i>	48
Tabla 9 <i>Miembros BIM</i>	49
Tabla 10 <i>Detalle de Partidas Presupuestales por Ítem - Proyecto Hospital Santo Tomás ..</i>	104
Tabla 11 <i>Interferencias Primer Nivel – Reporte Inicial por Especialidad.....</i>	155
Tabla 12 <i>Interferencias Segundo Nivel – Reporte Inicial por Especialidad</i>	157
Tabla 13 <i>Interferencias Tercer Nivel – Reporte Inicial por Especialidad</i>	158
Tabla 14 <i>Interferencias Cuarto Nivel – Reporte Inicial por Especialidad.....</i>	160
Tabla 15 <i>Interferencias Primer Nivel Corregidas - Reporte por Especialidad.....</i>	209
Tabla 16 <i>Interferencias Segundo Nivel Corregidas - Reporte por Especialidad</i>	211
Tabla 17 <i>Interferencias Tercer Nivel Corregidas - Reporte por Especialidad</i>	212
Tabla 18 <i>Interferencias Cuarto Nivel Corregidas - Reporte por Especialidad.....</i>	214
Tabla 19 <i>Detalle de partidas presupuestales por ítem - valores corregidos tras la implementación BIM.....</i>	215
Tabla 20 <i>Cuadro comparativo de reducción de Interferencias en el Primer Nivel.....</i>	219
Tabla 21 <i>Cuadro comparativo de reducción de Interferencias en el Segundo Nivel</i>	220
Tabla 22 <i>Cuadro comparativo de reducción de Interferencias en el Tercer Nivel</i>	222
Tabla 23 <i>Cuadro comparativo de reducción de Interferencias en el Cuarto Nivel.....</i>	223
Tabla 24 <i>Impacto económico de la implementación BIM en partidas presupuestales del proyecto.....</i>	225

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

UNSAAC	:	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
BIM	:	Building Information Modeling (Modelado de la Información de la Construcción)
REVIT-MEP	:	Software de modelado para instalaciones mecánicas, eléctricas y sanitarias
CAD	:	Computer Aided Design (Diseño Asistido por Computador)
MEP	:	Mechanical, Electrical and Plumbing (Mecánica, Eléctrica y Plomería)
RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones
IEC	:	International Electrotechnical Commission
CNE-U	:	Código Nacional de Electricidad-Utilización
TIC	:	Tecnologías de la Información y Comunicaciones

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se expone la formulación del trabajo de tesis, abordando la problemática actual en los proyectos hospitalarios, los objetivos planteados y la propuesta de solución basada en la aplicación de la metodología BIM. Se enfoca específicamente en el diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, resaltando cómo el uso de herramientas digitales como Revit-MEP permite detectar interferencias entre especialidades y evaluar su impacto económico, contribuyendo así a mejorar la precisión del expediente técnico y evitar paralizaciones durante la ejecución del proyecto.

1.2. Ámbito geográfico

El “Proyecto Hospital Santo Tomás” se desarrollará en la ciudad de Santo Tomás, distrito de la provincia de Chumbivilcas, ubicada en la región de Cusco, se tomará como el caso de estudio para el trabajo actual del diseño de las instalaciones eléctricas y especiales, aplicando la metodología BIM y el software REVIT-MEP para evaluar las interferencias y de qué manera influenciará en la elaboración del proyecto del hospital Santo Tomás II-1, Cusco 2024.

El ámbito geográfico del presente estudio está enmarcado en el departamento de Cusco, y el área de influencia abarca la Provincia de Chumbivilcas, comprendiendo el distrito de Santo Tomás, situado a una altitud promedio de 3678 msnm. Su población actual es de 21728 hab. con una densidad de 11.29 Hab/km².

Figura 1

Mapa del distrito de Santo Tomás - Chumbivilcas – Cusco



Fuente: Google Maps

Tiene fronteras con las provincias de Paruro y Acomayo al norte, Canas y Espinar al este, Arequipa al sur y Apurímac al oeste. La superficie total es de 5.371,10 km². El clima de la provincia de Chumbivilcas es tan diverso que su precisión es crucial para la agricultura, ya que determina el tipo de vegetación, las características del suelo y sus posibilidades de uso, así como la distribución de la población a lo largo del tiempo y el espacio.

1.3. Planteamiento del problema

Actualmente en nuestro país, se tienen registrados un gran número de proyectos públicos hospitalarios paralizados o con retrasos durante la fase de ejecución física, esto a consecuencia de muchos factores, pero en la mayoría de los casos a consecuencia de un expediente técnico con deficiencias en su elaboración. Se sabe que las normativas de ejecución de obra pública permiten adicionales de obra y mayores plazos de ejecución, por lo que se entiende que el Expediente Técnico a pesar que es el documento final para proceder con la

ejecución física de una obra, éste continúa siendo un documento referencial; sin embargo, estas variaciones en plazo y presupuesto tienen límites, y cuando éstos son superados la ejecución de la obra es inevitablemente paralizada.

Ahora bien, se tiene registrado que el 34.8% de obras paralizadas fueron por falta de recursos financieros estos ocasionados por adicionales de obra, pues son mayores costos con respecto al plasmado en el expediente técnico que debieron haber sido previstos durante la etapa de la elaboración del expediente técnico; asimismo, estos adicionales de obra se atribuye principalmente a los trabajos adicionales debido a las interferencias entre las especialidades que contemplan los proyectos hospitalarios, vale decir, trabajos adicionales ocasionados por interferencias físicas encontradas durante la ejecución entre las especialidades de arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones mecánicas, comunicaciones (TICs) y otros. Según la contraloría de la república en el “Reporte de obras paralizadas en el territorio nacional a setiembre del 2023”, los departamentos que reúnen el mayor número de obras paralizadas son:

Figura 2

Reporte de obras paralizadas en el territorio nacional a setiembre del 2023



Fuente: Elaboración según reporte de la Contraloría General

Según los datos reportados por las mismas entidades, a escala nacional, las obras están paralizadas principalmente por incumplimientos contractuales (717 obras; 34.8 %) y la escasez de recursos financieros y liquidez (436; 21.1 %). Otros elementos destacados incluyen: desacuerdos, disputas y arbitrajes (91; 4.4 %), conflictos sociales (80; 3.9 %), sucesos climáticos (34; 1.7 %), insuficiencias en el Expediente Técnico (32; 1.5 %), entre otras razones (676; 32.6 %). Se muestra a continuación, un reporte del Ministerio de Economía y Finanzas de todos los proyectos públicos hospitalarios paralizados a nivel nacional:

Tabla 1

Hospitales paralizados en Perú

Región	Obra	Costo (\$/ mllns)	Fecha inicio	Fecha que debió concluir	Estado	Avance físico (%)
Apurímac	Hospital de Andahuaylas	160	Febrero 2013	Octubre 2014	Paralizado	53
Cusco	Hospital Antonio Lorena	335	Abrial 2013	Octubre 2014	Paralizado	64
Arequipa	Hospital de Camaná	90	Diciembre 2016	2018	Paralizado	67
Arequipa	Hospital de Cotahuasi	49	Agosto del 2016	Noviembre 2018	Paralizado	86
Arequipa	Hospital de Chala	50	Agosto 2016	Octubre 2018	Paralizado	98
Junín	Hospital de Satipo	115	Agosto 2019	Febrero 2021	Paralizado	1
Junín	Hospital Materno Infantil El Carmen	210	Diciembre 2015	Octubre 2018	Paralizado	65
Junín	Hospital de Pangoa	89	Marzo 2019	Agosto 2020	Paralizado	0
Junín	Hospital Pichanaki	92	Febrero 2018	Junio 2019	Paralizado	48
Puno	Hospital Materno Infantil de Juliaca	134	Enero 2016	Julio 2016	Paralizado	25
Puno	Hospital de Apoyo Ilave	125	01/06/2018	01/07/2019	Paralizado	17

La Libertad	Hospital Distrital de Pacasmayo	71	Febrero 2018	Diciembre 2019	Paralizado	99
Huánuco	Hospital Regional de Huánuco Hermilio Valdizán	226	Junio 2017	2018	Paralizado	73
Huánuco	Hospital de Tingo María	178	2015	2018	Paralizado	94

Fuente: Invierte.pe (MEF)

Una de las razones por la cual los gestores o formuladores de proyectos, durante la etapa de elaboración de expedientes técnicos hospitalarios de todas las categorías, no identifican interferencias entre especialidades es porque los especialistas aún siguen utilizando herramientas de diseño considerados hoy como antiguos, como el AutoCAD, Achicad, etc., el cual permite trabajar y diseñar los planos solamente en dos dimensiones, es decir solo en planos de planta, dejando bastante a la imaginación y criterio del profesional encargado, y esa forma de diseño a la fecha ha llevado a una imprecisión en los metrados y por ende el presupuesto de obra.

Hoy en día, en nuestro país, se están implementando metodologías colaborativas acompañado de herramientas informáticas que permiten mitigar el problema de interferencias interdisciplinarias entre especialidades en proyectos de infraestructura, como son la metodología BIM (Building Information Modeling) y plasmadas el software REVIT-MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) respectivamente. Por lo que el presente trabajo de tesis está enfocado principalmente en implementar dicha metodología de trabajo aplicado a la especialidad de instalaciones eléctricas en un proyecto de inversión pública de hospitales durante la elaboración de expedientes técnicos, y minimizar los gastos no previstos por interferencias en la etapa de ejecución física.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿De qué manera el uso de la metodología BIM permitirá el diseño de las instalaciones eléctricas evaluando las interferencias e influencia económica en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024?

1.4.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera el análisis de la metodología BIM, permitirá el diseño de las instalaciones eléctricas y la evaluación de interferencias e influencia económica, en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024?
- b) ¿De qué manera las interferencias interdisciplinarias en el proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024, influirá en los costos de las instalaciones eléctricas?
- c) ¿De qué manera el software avanzado REVIT-MEP, se complementará con la metodología BIM en el diseño de las instalaciones eléctricas y la evaluación de interferencias e influencia económica en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar las instalaciones eléctricas evaluando las interferencias e influencia económica, mediante el uso de la metodología BIM en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Analizar y aplicar la metodología BIM al diseño de instalaciones eléctricas, evaluando las interferencias e influencia económica en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024.
- b) Evaluar las interferencias interdisciplinarias en el proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024, y su repercusión en los costos de las instalaciones eléctricas.
- c) Demostrar cómo, el software avanzado REVIT-MEP, se complementará con la metodología BIM en el diseño de las instalaciones eléctricas y la evaluación de interferencias e influencia económica en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024.

1.6. Justificación del estudio

1.6.1. Justificación Teórica

El presente estudio aporta al desarrollo teórico y técnico de la ingeniería eléctrica al demostrar cómo la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) permite la detección y resolución de interferencias interdisciplinarias, lo cual es esencial para la elaboración precisa de expedientes técnicos. Además, fomenta el entendimiento sobre el uso de herramientas tecnológicas avanzadas, como Revit-MEP y Navisworks, aplicadas al diseño de instalaciones eléctricas en proyectos hospitalarios, fortaleciendo las bases del diseño colaborativo y multidimensional.

1.6.2. Justificación Metodológica

Este estudio establece un marco metodológico práctico para la implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura hospitalaria. La integración del modelado 3D

mediante el software Revit-MEP y la herramienta Navisworks Manage permite analizar y detectar interferencias interdisciplinarias de manera eficiente. Esto no solo optimiza los procesos de diseño, sino que también minimiza errores y sobrecostos derivados de imprecisiones en el expediente técnico. La metodología propuesta facilita una visión integral y colaborativa del proyecto, aplicable tanto a la etapa de diseño como a la ejecución, promoviendo estándares de calidad y eficiencia en la planificación y construcción de instalaciones eléctricas y otras especialidades.

1.6.3. Justificación Práctica

El análisis de las condiciones del diseño de las instalaciones eléctricas y especiales muestra la aplicación práctica del conocimiento teórico, lo que ayudaría a reducir significativamente las interferencias en cualquier proyecto de inversión público o privado. Los resultados que se obtendrán favorecerán a futuros trabajados de diseño, de esta manera estaríamos impulsando la implementación de la metodología BIM tanto en la etapa de diseño del proyecto y también como en su futura ejecución del mismo; por lo cual admitirá una visión integral del proyecto al que se aplique y se podrán detectar interferencias y colisiones entre las especialidades que son partícipes de un proyecto. antes de ejecutar el proceso de la construcción correspondiente, evitando así tiempos no lucrativos e inversión añadida.

1.6.4. Justificación Social

El desarrollo de este trabajo es conveniente dado el contexto actual de proyectos hospitalarios paralizados en el Perú, principalmente por deficiencias en los expedientes técnicos. Implementar la metodología BIM permitirá minimizar costos adicionales, mejorar la precisión en los diseños y evitar interferencias en la construcción de hospitales, contribuyendo

así a resolver un problema crítico de salud pública y optimizando la asignación de recursos económicos y humanos en proyectos públicos.

1.7.Importancia

El alcance del estudio incluye la implementación del modelado BIM en las instalaciones eléctricas del Hospital de Santo Tomás II-1, Cusco, 2024. A través de un modelo 3D integrado, se evaluarán las interferencias interdisciplinarias y su influencia en el diseño. Esto permitirá analizar el impacto económico y técnico del uso de BIM en proyectos hospitalarios, generando datos relevantes que podrían influir en futuras normativas y lineamientos para proyectos de inversión pública.

1.8.Alcances y limitaciones

1.8.1. Alcances

El presente estudio se centra en el diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas, aplicando la metodología BIM como herramienta principal para la detección de interferencias y la evaluación del impacto económico durante la etapa de formulación del expediente técnico. Se utilizarán modelos tridimensionales generados en Revit-MEP y Navisworks para identificar conflictos entre especialidades, como arquitectura, estructuras, sanitarias y mecánicas. El análisis comprende únicamente la etapa de diseño y planificación, por lo que los resultados obtenidos se orientan a mejorar la precisión técnica, reducir sobrecostos y minimizar retrasos en la ejecución del proyecto.

1.8.2. Limitaciones

El estudio se limita al análisis de interferencias detectadas en fase de diseño, sin considerar problemas imprevistos que puedan surgir durante la ejecución física. Además, no se contempla una evaluación real de costos en obra, sino una estimación basada en los conflictos detectados y su posible repercusión económica.

1.9. Población y muestra

1.9.1. Población

La población comprende todos los proyectos de infraestructura hospitalaria II-1 en el ámbito nacional.

1.9.2. Muestra

La evaluación se centra en cuatro niveles del hospital, considerando no solo las instalaciones eléctricas, sino también las interferencias con las instalaciones sanitarias, instalaciones mecánicas y el sistema de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), lo que permite un análisis integral de la coordinación interdisciplinaria en cada nivel del proyecto.

1.10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La siguiente recolección de datos se realizará mediante las técnicas:

- a) **Revisión documental:** Se analizarán los planos, especificaciones técnicas y modelos digitales del proyecto del Hospital de Santo Tomás II-1. Estos documentos proporcionarán información sobre las interferencias detectadas y las soluciones implementadas en el diseño de las instalaciones eléctricas mediante la metodología BIM.

- b) Observación directa:** Se observarán los procesos de modelado en software como Revit y Navisworks para identificar cómo se gestionan las interferencias y cómo se optimizan los costos en el diseño.
- c) Análisis de métricas:** Se recopilarán datos cuantitativos sobre las interferencias detectadas, el porcentaje de resolución y los costos relacionados, lo cual permitirá establecer indicadores de eficiencia en la implementación de BIM.

1.11. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos será específico al diseño eléctrico del Hospital de Santo Tomás II-1, y se desarrollará de la siguiente manera:

- a) Organización y clasificación:** Los datos obtenidos de los modelos BIM (Revit y Navisworks) se clasificarán según el tipo de interferencia detectada (arquitectónica, mecánica o estructural), su impacto en el diseño eléctrico y los costos asociados.
- b) Codificación de interferencias:** Cada interferencia identificada será categorizada por su ubicación en el modelo (nivel, área específica) y por la especialidad afectada. Esto se hará utilizando el informe generado por Navisworks Manage.
- c) Análisis cuantitativo:** Se calcularán indicadores como:
 - Número total de interferencias detectadas.
 - Porcentaje de interferencias resultantes.
 - Reducción de costos alcanzada mediante la corrección en la etapa de diseño.
- d) Interpretación y comparación:** Los resultados obtenidos se interpretarán en relación con estándares normativos y presupuestos previos del proyecto, permitiendo evaluar la efectividad de la metodología BIM en la mejora del diseño eléctrico y la reducción de costos.

e) **Visualización de resultados:** Los datos procesados serán representados mediante tablas, gráficos e informes generados a partir de los análisis en Navisworks y Excel, para facilitar su interpretación y validación en el contexto del proyecto.

1.12. Matriz de Consistencia

Tabla 2*Matriz de Consistencia*

TÍTULO: “DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EVALUANDO LAS INTERFERENCIAS E INFLUENCIA ECONÓMICA, MEDIANTE EL USO DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO DEL HOSPITAL II-1 DEL DISTRITO DE SANTO TOMAS, PROVINCIA DE CHUMBIVILCAS-CUSCO 2024”						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Independiente: Metodología BIM	Modelado 3D y visualización	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementación del software Revit - MEP y Navisworks en el diseño eléctrico. ▪ Nivel de detalle alcanzado en el modelado 	<p>El método empleado es el deductivo.</p> <p>La investigación es de tipo aplicada.</p> <p>El enfoque adoptado es cuantitativo.</p>
¿De qué manera el uso de la metodología BIM permitirá el diseño de las instalaciones eléctricas evaluando las interferencias e influencia económica en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024?	Diseñar las instalaciones eléctricas evaluando las interferencias e influencia económica, mediante el uso de la metodología BIM en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024.	La implementación de la metodología BIM en el proyecto del Hospital de Santo Tomás II-1, Cusco 2024, permite evaluar y reducir las interferencias, mejorando el diseño de las instalaciones eléctricas e impactando positivamente en los costos del proyecto.	Dependiente: Diseño de las instalaciones eléctricas para evaluar las interferencias e influencia económica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cantidad de interferencias identificadas antes de la ejecución ▪ Porcentaje de interferencias resultantes en la etapa de diseño 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de interferencias detectadas ▪ Impacto económico de las 	<p>La población del estudio comprende todos los proyectos de infraestructura hospitalaria de categoría II-1 en el ámbito nacional.</p> <p>La muestra seleccionada para el estudio es el proyecto del Hospital de Santo Tomás II-1, ubicado en la provincia de Chumbivilcas, Cusco.</p>
Problema específico	Objetivos específicos	Hipótesis específico		Detección y Resolución de Interferencias		
a) ¿De qué manera el análisis de la metodología BIM, permitirá el diseño de las instalaciones eléctricas y la evaluación de interferencias e influencia económica, en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024?	a) Analizar y aplicar la metodología BIM al diseño de instalaciones eléctricas, evaluando las interferencias e influencia económica en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024.	La implementación de la metodología BIM en el proyecto del Hospital de Santo Tomás II-1, Cusco 2024, reduce significativamente las interferencias en las instalaciones eléctricas, optimizando su formulación.		Reducción de interferencias en el diseño		
b) ¿De qué manera las interferencias interdisciplinarias en el proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024, influirá en los	b) Evaluar las interferencias interdisciplinarias en el proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024, y su repercusión en	La metodología BIM influye positivamente en el diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital de Santo Tomás II-1, Cusco 2024, al facilitar un diseño más eficiente y coordinado.				

costos de las instalaciones eléctricas?	los costos de las instalaciones eléctricas.			Influencia en los Costos del Diseño Optimización del Diseño Eléctrico	interferencias no detectadas ▪ Cumplimiento de normativas eléctricas nacionales	
c) ¿De qué manera el software avanzado REVIT-MEP, se complementará con la metodología BIM en el diseño de las instalaciones eléctricas y la evaluación de interferencias e influencia económica en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024?	c) Demostrar cómo, el software avanzado REVIT-MEP, se complementará con la metodología BIM en el diseño de las instalaciones eléctricas y la evaluación de interferencias e influencia económica en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024.	La reducción de interferencias interdisciplinarias mediante la metodología BIM disminuye los costos asociados a las instalaciones eléctricas en el proyecto del Hospital de Santo Tomás II-1, Cusco 2024.				

Fuente. Elaboración Propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrolla el marco teórico que fundamenta la investigación orientada al diseño de instalaciones eléctricas mediante la metodología BIM. Se analizan antecedentes tanto nacionales como internacionales, junto con los conceptos teóricos vinculados al modelado de información para la construcción, la gestión de interferencias interdisciplinarias y el impacto económico de su aplicación en proyectos hospitalarios.

2.2.Antecedentes del diseño de instalaciones eléctricas

2.2.1. *Antecedentes Internacionales*

Borrego (2024) en su tesis “*Metodología BIM aplicada al modelado y cálculo de instalaciones eléctricas de baja tensión, centro de transformación C.T, electrificación e iluminación vial del conjunto de viviendas pareadas y bandeja comercial sita en el barrio de las huertas en la roda de Andalucía (Sevilla)*”, tuvo como objetivo principal aplicar la metodología BIM al modelado y cálculo de las instalaciones eléctricas de baja tensión, incluyendo un centro de transformación, electrificación e iluminación vial en una urbanización en La Roda de Andalucía. La metodología utilizada combinó herramientas de diseño y modelado BIM, como CYPE y DIALux evo, para realizar cálculos técnicos, prever demandas eléctricas y optimizar el diseño de las instalaciones. Los resultados incluyen la creación de un modelo BIM integral que permitió detectar y resolver interferencias, asegurar el cumplimiento de normativas y optimizar la eficiencia energética. El proyecto concluyó con un diseño preciso de las instalaciones eléctricas, representadas en planos tridimensionales, y con cálculos detallados que garantizaron la seguridad y funcionalidad de las infraestructuras. Esto demuestra la eficacia del BIM en proyectos técnicos complejos.

de Reales (2023) en su artículo “*LA AUTOMATIZACIÓN EN EL MODELADO DE INSTALACIONES BAJO METODOLOGIA BIM: Automatización en el modelado BIM de instalaciones, frente a los flujos de trabajo tradicionales CAD*”, tuvo como objetivo explorar y destacar las ventajas de la automatización en el modelado de instalaciones mediante la metodología BIM, resaltando su superioridad frente a los flujos tradicionales como CAD, en términos de eficiencia, precisión y detección temprana de conflictos. La metodología incluyó el uso de objetos paramétricos inteligentes y herramientas de detección de conflictos para integrar disciplinas y automatizar procesos complejos, minimizando errores humanos. Los resultados mostraron que BIM facilita la creación de modelos tridimensionales detallados, reduce los tiempos de diseño y construcción, y mejora la coordinación interdisciplinaria. La detección automática de conflictos y la generación simultánea de documentación optimizan los recursos y eliminan retrabajos. Esto posiciona al BIM como una herramienta esencial para proyectos eficientes y sostenibles, asegurando calidad y precisión en todas las fases del ciclo de vida de las instalaciones.

Rangel y Aliaga (2023) en su tesis de maestría “*Gestión BIM Proyecto BIM Design, Rol Líder BIM Estructura*”, tuvo como objetivo implementar la metodología BIM en el proyecto del Edificio Airos, ubicado en Quito, Ecuador, para centralizar la información en un modelo digital que permita visualizar, planificar y coordinar el proyecto, optimizando costos y tiempos en las diferentes fases de desarrollo. La metodología consistió en la creación de modelos tridimensionales (3D) para las distintas disciplinas (arquitectura, estructuras y MEP), siguiendo estándares internacionales y utilizando un entorno común de datos para facilitar la colaboración. Se emplearon herramientas como Revit, Navisworks y Presto para la planificación, detección de interferencias y simulaciones constructivas. Como resultado, se logró mejorar la coordinación interdisciplinaria, reducir interferencias y obtener estimaciones

precisas de costos y tiempos. Esto permitió una planificación más eficiente y un modelo optimizado, demostrando los beneficios de la gestión BIM para el ciclo de vida del proyecto.

2.2.2. Antecedentes Nacionales

Rodríguez (2024) el autor dentro de su trabajo de tesis “*Análisis del expediente técnico para la optimización en la toma de decisiones mediante la metodología BIM en la etapa de ejecución del Hospital de Pangoa*”. El objetivo era examinar el expediente técnico con el fin de optimizar la toma de decisiones a través del modelado de datos constructivos en las áreas de estructuras, arquitectura, eléctricas y sanitarias del Hospital de Pangoa. Se utilizó una metodología aplicada, de orientación cuantitativa, con un nivel descriptivo y un diseño no experimental. El grupo de interés fueron los proyectos hospitalarios en la Provincia de Satipo, Departamento de Junín, y el hospital de Pangoa en Junín, especializado en estructuras, arquitectura, eléctricas y sanitarias. Además, el muestreo se realizó de manera no probabilística. Adicionalmente, indica que se emplearon los programas AUTOCAD y Excel (expediente técnico) y los programas Revit y Navisworks (método BIM), donde se contrastan los resultados logrados en metrados, presupuesto y calendario de ambos métodos.

Tafur y Trigoso (2023) en su tesis “*Guía práctica para optimizar la compatibilización de modelos BIM 3D de las especialidades de instalaciones sanitarias y HVAC en proyectos de hospitales bajo los contratos NEC*”, tuvieron como objetivo validar una guía para optimizar la compatibilización de planos de instalaciones sanitarias y HVAC en proyectos hospitalarios bajo contratos NEC, empleando la metodología BIM. Se utilizó una metodología descriptiva y cualitativa, basada en la revisión documental de proyectos hospitalarios ejecutados en el Perú, y la validación de la guía mediante juicio de expertos. La investigación incluyó el análisis de la forma tradicional de trabajo y el desarrollo de una propuesta estructurada. Los resultados mostraron que la implementación de la guía mejoró significativamente la coordinación entre

disciplinas, reduciendo conflictos y retrasos durante la construcción. Además, se identificaron beneficios como la estandarización de procesos, la detección temprana de interferencias y la creación de un entorno colaborativo. Esto permitió una optimización en los tiempos y costos, asegurando una construcción más eficiente y de alta calidad en los proyectos hospitalarios.

Humpire (2021) en su tesis “*Utilización de la metodología bim para reducir las deficiencias de diseño de las instalaciones eléctricas y Hvac del centro comercial Eco Plaza*”, tuvo como objetivo implementar la metodología BIM para reducir las deficiencias de diseño de las instalaciones eléctricas y HVAC del Centro Comercial Eco Plaza. La metodología incluyó el desarrollo de un plan de ejecución BIM (PEB), que consistió en recolectar información relevante del proyecto, como planos y especificaciones técnicas, asignar responsabilidades a los integrantes del equipo y realizar la construcción virtual en software BIM. Posteriormente, se identificaron y solucionaron interferencias en el modelo 3D para optimizar el diseño. Los resultados destacaron que la metodología BIM permitió representar virtualmente el edificio, lo cual facilitó la gestión de las instalaciones eléctricas y HVAC, mejorando la calidad del diseño y la eficiencia en la construcción. Este enfoque demostró ser una herramienta clave para anticipar y resolver problemas antes de la ejecución real.

2.2.3. Antecedentes Locales

Noa y Vergara (2021). En su tesis “*Diseño de las Instalaciones Eléctricas, Especiales aplicando tecnología BIM, Automatización y Autogeneración Híbrida, de un Hotel 5 Estrellas.*” Los autores llegan a la siguiente conclusión general, después de haber realizado el trabajo, considerando que la aplicación de la automatización en el diseño de las instalaciones eléctricas y espaciales interiores en edificaciones revoluciona el concepto generalizado que se tenía, haciéndolas accesibles y simplificando a un nivel nunca antes visto, los beneficios de la

automatización se reflejan en cinco áreas, que incluyen comunicaciones, administración de energía, confort, accesibilidad y seguridad. La implementación de la tecnología BIM en el diseño automatizado de instalaciones eléctricas y especiales a través del software Revit, implica la ejecución de un doble trabajo. En primer lugar, se desarrollará el diseño de las instalaciones eléctricas y especiales.

Yucra (2023) en su *tesis “Programación paramétrica–visual aplicada a software BIM para el desarrollo de la etapa de diseño y cálculo de instalaciones eléctricas interiores”*, tuvo como objetivo desarrollar una herramienta que integra programación paramétrica-visual con el software BIM, para optimizar el diseño y cálculo de instalaciones eléctricas interiores, reduciendo la complejidad del proceso y mejorando la productividad en proyectos constructivos. La metodología combinó un análisis exhaustivo de las capacidades del software BIM con la implementación de algoritmos adaptados a normativas locales mediante herramientas como Dynamo. Se diseñaron y ejecutaron módulos específicos para modelado, cálculo de cargas y análisis de caídas de tensión. Los resultados demostraron una reducción significativa en los tiempos de modelado y cálculo, pasando de horas a segundos, además de garantizar la concordancia normativa y la optimización del flujo de trabajo. Esta solución, aplicada a una base arquitectónica real, valida la efectividad de la programación paramétrica-visual para abordar retos eléctricos dentro de la metodología BIM.

2.3.Bases teóricas

2.3.1. *Introducción a la metodología BIM*

La incorporación del enfoque BIM en el Perú comenzó aproximadamente en el año 2010, siendo inicialmente promovido por los sectores de ingeniería civil y construcción. No obstante, fue recién con la formulación del Plan BIM Perú por parte del Ministerio de Economía

y Finanzas (MEF) en 2019, que esta herramienta empezó a difundirse de manera más integral, permitiendo una comprensión más amplia y detallada de los proyectos (COMISIÓN INTERMINISTERIAL BIM, 2023c).

BIM, al ser una metodología orientada a proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC), ha generado mejoras notables en la productividad, la reducción de gastos y el aprovechamiento de los recursos. Estos beneficios se originan en una administración más precisa de la información del activo y en un mayor control durante las etapas de planificación, diseño, ejecución y operación. En el continente europeo, naciones como Dinamarca, Noruega, Finlandia y Suecia han sido líderes en la adopción de BIM desde 2007. Esto ha llevado a la creación de una serie de manuales y guías disponibles para que otros países puedan replicar sus principios y ajustarlos a sus realidades. Sin embargo, es el Reino Unido quien se posiciona como la principal referencia, estableciendo en 2016 la obligatoriedad del uso de BIM nivel 2 (COMISIÓN INTERMINISTERIAL BIM, 2023d). En cambio, en Estados Unidos, la diversidad de normativas estatales representa un obstáculo, ya que cada estado tiene sus propios lineamientos, dificultando una unificación normativa. Entidades como la Administración General de Servicios (GSA) y el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS) han elaborado documentos orientadores para fomentar el uso de BIM.

El libro “Panorama General del Avance de BIM en América Latina y el Caribe” analiza los progresos en el uso de BIM entre enero y mayo del 2022 en 15 países sudamericanos, incluido Perú. Esta publicación permite identificar qué mecanismos similares a planes de contingencia han sido implementados por los actores involucrados, garantizando así un desarrollo exitoso de los proyectos (Soto y Manríquez, 2023).

Entre las principales recomendaciones para lograr una implementación más sólida y efectiva de BIM, se destaca la necesidad de contar con una iniciativa impulsada desde el Estado. Igualmente, es esencial una colaboración coordinada entre los sectores público y privado para que puedan fortalecerse mutuamente. También se resalta la utilidad de adoptar prácticas internacionales exitosas, adaptándolas al entorno local. Además, se aconseja que las políticas públicas relacionadas con BIM estén centralizadas en una entidad única, responsable de liderar las acciones desde el aparato estatal. Finalmente, se recomienda que los lineamientos sean compartidos entre los actores públicos y privados, con el propósito de avanzar hacia una estandarización general. En el contexto latinoamericano, solamente Chile y Perú cuentan con una normativa nacional que regula el uso del sistema BIM (Soto y Manríquez, 2023).

Tabla 3

Guías o protocolos de BIM por país

País	Estándar de aplicación BIM nacional	Términos de referencia estandarizados	Protocolos y guías técnicas sobre BIM
Argentina	No	Sí	Sí
Brasil	No	Sí	Sí
Chile	Sí	Sí	Sí
Colombia	No	Sí	Sí
Costa Rica	No	No	No
España	No	Sí	Sí
México	No	No	No
Perú	Sí	No	Sí
Uruguay	No	Sí	No

Fuente. Tomado de (Soto y Manríquez, 2023).

2.3.2. BIM en sistemas eléctricos

El BIM en sistemas eléctricos se refiere a la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño, planificación, ejecución y mantenimiento de las

instalaciones eléctricas dentro de un proyecto de construcción. BIM es una metodología colaborativa que utiliza modelos digitales tridimensionales integrados con datos técnicos detallados para gestionar toda la información relacionada con un edificio o infraestructura a lo largo de su ciclo de vida.

En el contexto de sistemas eléctricos, BIM permite crear modelos precisos y exhaustivos en 3D que incluyen todos los componentes eléctricos, como cables, tableros, interruptores, luminarias, bandejas portacables y otros elementos MEP (Mecánica, Electricidad y Fontanería). Estos modelos facilitan la visualización del diseño eléctrico, la detección temprana de conflictos o interferencias con otros sistemas (estructurales, mecánicos, etc.) y la coordinación multidisciplinaria entre ingenieros, arquitectos y otros profesionales involucrados.

2.3.2.1. Ventajas del BIM

La implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) en los proyectos de construcción ofrece múltiples beneficios que optimizan tanto el proceso de diseño como la ejecución y operación de infraestructuras. Uno de los principales aportes de BIM es la mejora en la calidad de la información, ya que permite trabajar con modelos digitales tridimensionales que contienen datos precisos y actualizados en tiempo real. Esto facilita la visualización integral del proyecto, ayudando a identificar interferencias entre especialidades antes de iniciar la construcción (Grosso y Zola, 2024).

Además, BIM promueve una colaboración efectiva entre los diferentes actores del proyecto, como arquitectos, ingenieros, constructores y propietarios, ya que todos trabajan sobre un modelo común. Esto reduce considerablemente los errores de coordinación, minimiza retrabajos y mejora la toma de decisiones. Asimismo, el uso de modelos BIM permite generar

automáticamente planos, metrados, listas de materiales y simulaciones, lo que ahorra tiempo y recursos en las etapas de planificación y ejecución.

Otra ventaja clave es la capacidad de BIM para anticipar conflictos constructivos mediante herramientas de detección de interferencias (clash Detection), permitiendo resolverlos digitalmente antes de que ocurran en obra. Esto se traduce en una ejecución más eficiente, con menos modificaciones y mayores ahorros económicos.

2.3.2.2. Desafíos del BIM

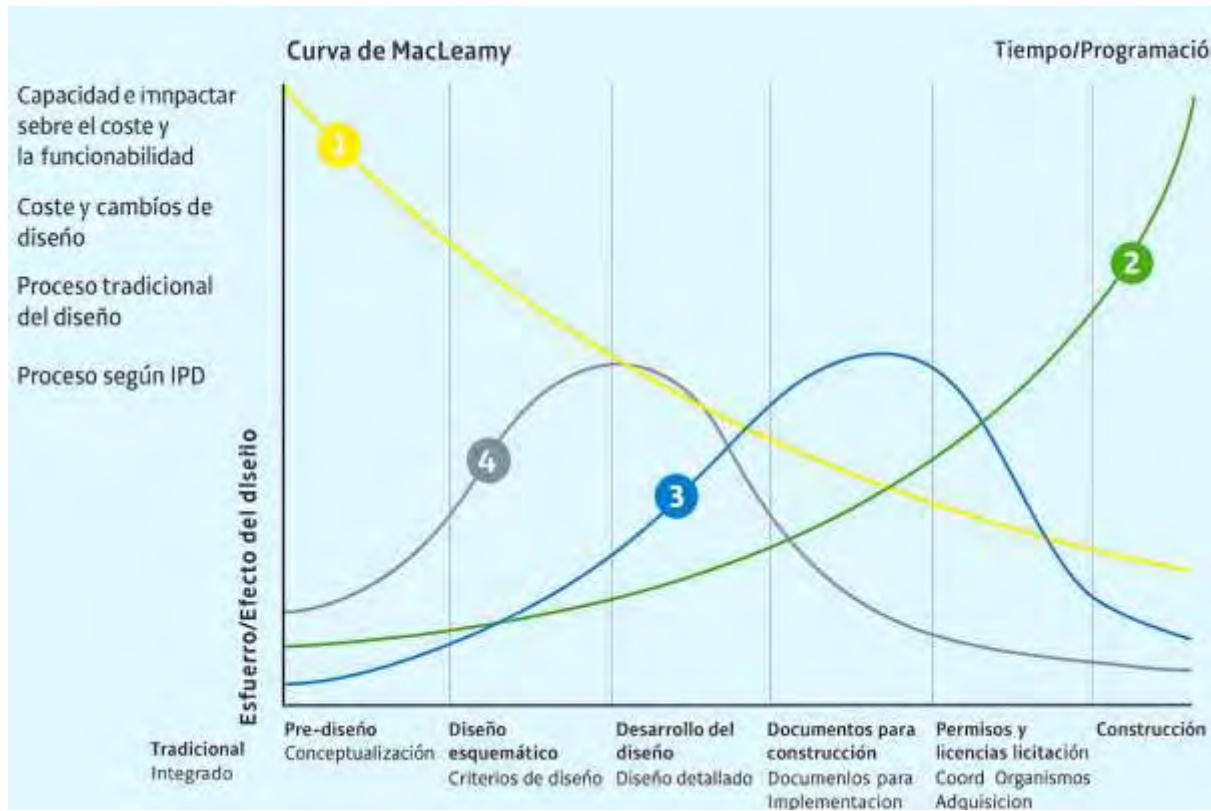
La colaboración entre los miembros de un proyecto es clave para evitar pérdidas de información, errores de interpretación y conflictos en el diseño. BIM facilita esta coordinación al centralizar el trabajo en un solo modelo, permitiendo detectar interferencias y resolverlas de forma clara. No reemplaza al ingeniero o supervisor, sino que mejora la gestión de recursos y la calidad del proyecto al promover una comunicación eficiente entre todas las especialidades (Grosso y Zola, 2024).

- Interferencias para su implementación**

Implementar BIM puede generar resistencia debido al tiempo que toma aprender nuevas herramientas y adaptarse a una forma de trabajo colaborativa. Es fundamental capacitar a los usuarios para garantizar un uso eficiente del software y así aprovechar al máximo los recursos del proyecto.

- Limitaciones económicas**

Aunque BIM requiere una inversión inicial, a largo plazo permite un importante ahorro, estimado en hasta el 10% del costo total del proyecto. Este enfoque reduce los errores en obra y facilita cambios durante la etapa de diseño, evitando costos adicionales de obra durante la construcción.

Figura 3*Curva de MacLeamy: Esfuerzo-Tiempo*

Fuente: Tomado de (Linarez, 2021).

2.3.3. Usos BIM

Es importante definir claramente los usos BIM para orientar el modelo hacia los objetivos del proyecto. Según la Guía Nacional BIM, existen 28 usos identificados por el Ministerio de Economía y Finanzas (2021a).

Tabla 4*Usos BIM nacionales*

Usos BIM

-
1. Levantamiento de condiciones existentes
 2. Análisis del entorno físico
 3. Diseño de especialidades
-

Usos BIM

-
- 4. Elaboración de documentación
 - 5. Visualización 3D
 - 6. Coordinación de la información
 - 7. Análisis del programa arquitectónico
 - 8. Estimación de cantidades y costos
 - 9. Revisión del diseño
 - 10. Análisis estructural
 - 11. Análisis lumínico
 - 12. Análisis energético de las instalaciones
 - 13. Análisis de constructibilidad
 - 14. Análisis de otras ingenierías
 - 15. Evaluación de sostenibilidad
 - 16. Supervisión del Modelo de Información
 - 17. Detección de interferencias e incompatibilidades
 - 18. Planificación de la fase de ejecución
 - 19. Diseño de sistemas constructivos para la ejecución
 - 20. Fabricación digital
 - 21. Planificación de obras preliminares y provisionales
 - 22. Control de equipos para montajes
 - 23. Modelo de Información As-Built
 - 24. Gestión de activos
 - 25. Programación de operación y mantenimiento
 - 26. Análisis de los sistemas del activo
 - 27. Gestión y seguimiento del espacio del activo
 - 28. Planificación y prevención de desastres
-

Fuente: Adaptada de “Guía Nacional BIM” (Economía y Finanzas, 2021a).

2.3.4. Niveles de información BIM

Corresponden al nivel de detalle y precisión que debe tener el modelo BIM según los requerimientos del proyecto. Esto se gestiona mediante los LOD (Level of Development), que ayudan a tomar decisiones sin sobrecargar el archivo digital.

Tabla 5

Sistema LOD según los diferentes estándares de especificaciones

Country	LOD means	Subtype	Scale
USA	Level of Development	LOD: As Desinged	LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400
		LOD: As Built	LOD 500
UK	Level of Development	LOD: Level of Detail	LOD 1, LOD 2, LOD 3, LOD 4, LOD 5, LOD 6
		LOI: Level of Information	LOI 1,LOI 2,LOI 3,LOI 4,LOI 5,LOI 6
Italy	Level of Development of Objects	LOG- Geometrical Objects	LOG A, LOG B, LOG C, LOG D, LOG E, LOG F, LOG G
		LOI: Information Objects	LOI A, LOI B, LOI C, LOI D, LOI E, LOI F, LOI G

Fuente: Tomado de (Karlapudi et al., 2021).

En Estados Unidos, el término LOD se utiliza como nivel de desarrollo sin distinguir entre información geométrica y no geométrica. En cambio, el Reino Unido adopta un enfoque más amplio, considerando el LOD como un nivel que abarca tanto el detalle como la información de los elementos. Es importante señalar que los LOD se aplican a cada componente constructivo por separado, no al modelo completo. En el caso del Plan BIM Perú, se sigue la nomenclatura británica como referencia principal.

2.3.5. LOD (Leve de Detalle)

El LOD se refiere al nivel de precisión gráfica o geométrica con el que se representará el modelo BIM. De acuerdo con el Plan BIM Perú, se establecen cinco niveles para definir este detalle visual.

Tabla 6

Matriz de Nivel de Detalle LOD

	LOD 1	LOD 2	LOD 3	LOD 4	LOD 5
Tipos	Conceptual	Genérico	Específica	Construcción	As-Built
Referencia					
Descripción	Es una representación dimensional. Los elementos se modelan con un nivel de detalle mínimo, ya que el fin es estimar áreas, volumen.	Presenta dimensiones aproximadas, lo suficiente para cuantificar el ancho, largo y alto. No presenta detalles adicionales.	Con dimensiones precisas: largo, ancho y alto. Suficientemente modelado para realizar análisis de costos o adquisiciones.	Objeto detallado que cumple los requisitos de construcción. Incluye elementos de diseño para: fabricación, montaje e instalación (conexiones, soportes, etc.).	Representación modelada de forma precisa: tamaño, forma, cantidad, orientación en el proyecto finalizado.
Dimensiones BIM	<ul style="list-style-type: none"> • 0D • 1D • 2D • 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • 0D • 1D • 2D • 3D 	Adecuado para obtener información del modelo 3D.	Adecuado para obtener información del modelo 3D.	Adecuado para obtener información del modelo 3D.

Ubicación	Su ubicación y orientación son aproximados.	Es referencial a fin de visualizar posibles interferencias. Hay 2: Ubicación absoluta (coordenadas georeferencia das) y ubicación relativa (con respecto a otros elementos).	Definida, analiza interferencias con otros elementos. Hay 2: Ubicación absoluta (coordenadas georeferencia das) y ubicación relativa (con respecto a otros elementos).	Definida, analiza interferencias con otros elementos. Hay 2: Ubicación absoluta (coordenadas georeferencia das) y ubicación relativa (con respecto a otros elementos).
Comportamiento	Posee altas posibilidades de cambiar conforme avance el diseño. No se necesita agregar información paramétrica.	Altas posibilidades de cambiar al detalle del modelo. Se ingresa información paramétrica de forma parcial.	Pocas posibilidades de cambiar el modelo. Se debe ingresar información paramétrica completa.	Es improbable que las características cambien. Se debe ingresar información paramétrica completa. Las características del elemento son una fiel copia de su estado actual en el proyecto concluido.

Fuente: Tomado de (Wenman, 2015).

2.3.6. *LOI (level of Information)*

El LOI representa el nivel de datos alfanuméricos o no gráficos incorporados en el modelo. Este contenido informativo se organiza en cinco niveles definidos para su desarrollo.

Tabla 7*Matriz de Nivel de información LOI*

Tipos	LOI 1	LOI 2	LOI 3	LOI 4	LOI 5
Descripción	Información para la identificación y factibilidad	Información para la investigación y factibilidad	Información para el diseño	Información para la construcción	Información para la gestión de activos
Contenido de información	Identificación referencial de los elementos (su nombre).	Identificación general (nombre, tipo y categoría).	Identificación específica (nombre, tipo, categoría, códigos o sistema de clasificación nacional o internacional).	Identificación específica, se suele colocar el modelo y marca del proveedor.	Se indica el código del activo, formatos OpenBIM15 para gestión de activos.
Los elementos	Los elementos describen: tipo, características y condiciones espaciales.	Existe una descripción de las propiedades técnicas basadas en normas de diseño.	Los elementos modelados almacenan información detallada y valores estimativos de las propiedades técnicas. Se puede emplear la data para procesar información como costos, rendimiento energético, etc.	Almacenan la información requerida para la compra de los activos del proyecto. Se puede emplear la data para procesar la información en obra: costos, fabricación, etc.	Guardan información para el mantenimiento del activo. Se expedirán manuales de funcionamiento, mantenimiento, especificaciones técnicas.
Nota	Idea del modelo, por lo que no posee valores en los parámetros.	Señala las propiedades generales que cumplen con los requerimientos.	Señala las especificaciones técnicas que cubren aquellas propiedades generales.	Indica las especificaciones técnicas con respecto a lo ofrecido por el proveedor de acuerdo con su disponibilidad y las propiedades generales del elemento.	Propiedades específicas que deben almacenarse como parte de la data de los activos.

Fuente: Adaptada de “Guía Nacional BIM” (de Economía y Finanzas, 2021a).

2.3.7. Miembros BIM

Los miembros BIM son las personas que conforman el equipo de un proyecto bajo esta metodología, y sus roles se asignan según las funciones y responsabilidades que cada uno debe cumplir. Dependiendo del tamaño y complejidad del proyecto, una misma persona puede desempeñar más de un rol. De acuerdo con la Guía Nacional BIM, se reconocen cinco roles principales en este equipo (MEF, 2021a).

Tabla 8

Miembros BIM

Miembros BIM	Descripción	Responsabilidades
Líder BIM	Gestión y dirección de la planificación para el proceso de adopción de BIM en una organización.	<ul style="list-style-type: none"> • Plantea estrategias cuyo fin sea integrar la metodología BIM. • Supervisar el uso de BIM en el contexto organizacional. • Define los Requisitos de Información Organizacional.
Gestor BIM	Transmite los Requisitos de Información a todos los integrantes del proyecto y equipo de trabajo y está en constante coordinación con el Coordinador BIM.	<ul style="list-style-type: none"> • Establece los hitos de entrega del proyecto y su planificación. • Gestiona la información a través del CDE y su flujo de información. • Nexos entre la entidad y el equipo de trabajo. • Confirma la entrega de la información solicitada que a su vez cumpla con los Requisitos de Información.
Coordinador BIM	Coordina el desarrollo de los modelos multidisciplinarios, garantizando que cada uno de ellos se alinee con los requisitos de información planteados y cumpla con la normativa correspondiente. Es el nexo entre Gestor BIM y equipo de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Coordina el desarrollo del modelo de información. • Plantea soluciones ante las posibles interferencias entre los modelos multidisciplinarios. • Garantiza que los modelos de información se mantengan actualizados. • Valida la integración entre los modelos multidisciplinarios, generando el modelo federado.

Modelador BIM	<p>Se encarga del desarrollo del modelo de información, respecto a los requisitos de información; para ello se le asigna un determinado LOI y LOD. Mantiene relación con el coordinador BIM y el resto del equipo de trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolla los modelos de información multidisciplinarios. • Expide los documentos a partir del modelo realizado. • Completa la información referente al LOI convirtiendo el modelo en un activo importante.
Supervisor BIM	<p>Asegura que el modelo de información se adecue a los requisitos de información. Para ello se hacen revisiones continuas en las que apoya el Coordinador BIM, finalizando se hace la entrega al Gestor BIM.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza y valida los modelos de información realizados por parte del equipo y modeladores. • Hace seguimiento durante el desarrollo de los modelos de información.

Fuente: Adaptada de “Guía Nacional BIM” (de Economía y Finanzas, 2021a).

2.3.8. *Diseño de las instalaciones eléctricas*

El diseño de las instalaciones eléctricas constituye una fase fundamental en el desarrollo de cualquier proyecto de ingeniería, ya que garantiza la correcta distribución, funcionamiento y seguridad del sistema eléctrico dentro de una edificación o infraestructura técnica. Para llevarlo a cabo, se requiere un análisis previo del tipo de proyecto, las cargas requeridas, la ubicación de los equipos, y la normativa técnica aplicable.

En este proceso, se determinan y especifican los distintos elementos que conforman el sistema eléctrico, tales como tuberías (PVC, EMT, IMC), cajas de paso, tomacorrientes, interruptores, tableros eléctricos, luminarias, bandejas portacables y sistemas de puesta a tierra. Cada componente debe ser definido en función del entorno en el que será instalado, considerando factores como la accesibilidad, protección contra cortocircuitos, facilidad de mantenimiento y condiciones ambientales (Pardo, 2019).

El diseño se apoya en planos detallados que incluyen esquemas unifilares, diagramas de carga, rutas de canalización, distribución de luminarias y puntos de control. Además, se realiza el cálculo de calibres de conductores, secciones de tuberías, capacidad de tableros y protecciones eléctricas. También se consideran aspectos de automatización, seguridad y comunicación, incorporando tableros de control, sensores, sistemas de detección y alarmas

contra incendios, cámaras de vigilancia y redes de voz y datos, según la funcionalidad del proyecto.

La elaboración del diseño eléctrico debe contemplar los espacios físicos y estructurales, por lo que se utilizan herramientas digitales que permiten representar gráficamente el sistema, facilitando su comprensión y verificación previa a la ejecución. En esta etapa se identifican posibles interferencias con otras especialidades como instalaciones mecánicas, instalaciones sanitarias y comunicaciones, lo que permite realizar los ajustes necesarios en los planos antes de su implementación (Pardo, 2019).

2.3.9. *Interferencias eléctricas*

Las interferencias eléctricas representan una falla significativa dentro del sistema de distribución de energía, ya que afectan la continuidad del servicio y generan molestias tanto para los usuarios residenciales como para los sectores industriales y comerciales. Estas interferencias se clasifican comúnmente en sostenidas y transitorias, y pueden tener origen en diversos factores como fallas en equipos, condiciones climáticas adversas, sobrecargas, mantenimiento programado o acciones externas no previstas (Josef y Ccoyllar, 2018).

Uno de los principales indicadores utilizados para evaluar el impacto de las interferencias eléctricas es el SAIDI (Índice de Duración Promedio de Interrupción del Sistema), el cual refleja el tiempo promedio en que un usuario experimenta una interrupción durante un periodo determinado. Junto con este índice, se utiliza también el SAIFI (Índice de Frecuencia Promedio de Interrupción del Sistema), que indica cuántas veces al año, en promedio, un usuario sufre una interrupción del servicio. Ambos indicadores permiten medir la calidad del servicio eléctrico desde el punto de vista del usuario (Salazar & Riker, 2024).

Las interferencias no solo causan molestias, sino también pérdidas económicas, principalmente en actividades que dependen de la continuidad eléctrica para sus procesos productivos. Por ello, es fundamental implementar mecanismos que permitan reducir la duración y frecuencia de estas fallas. Entre las soluciones más utilizadas se encuentran la modernización de equipos, la automatización de redes, el mantenimiento predictivo, y la segmentación de los alimentadores para mejorar la capacidad de respuesta ante una falla (Salazar y Riker, 2024).

Además, un diseño adecuado de la red eléctrica, que considere rutas alternativas de suministro y equipos de protección selectiva, contribuye significativamente a minimizar el impacto de las interferencias. La coordinación adecuada entre transformadores, reconnectadores, seccionadores y demás dispositivos de protección es esencial para aislar rápidamente las fallas y restablecer el servicio en el menor tiempo posible (Josef y Ccoyllar, 2018).

2.4. Marco Conceptual

2.4.1. Instalaciones Eléctricas

Las instalaciones eléctricas son el grupo de elementos que facilitan el desplazamiento y la provisión de energía eléctrica desde un punto de abastecimiento hasta los dispositivos que la emplean. Estos elementos incluirán tableros, interruptores, transformadores, bancos de condensadores, aparatos sensores, dispositivos de control a distancia o local, cables de conexión, canalizaciones y soportes. Las instalaciones eléctricas podrían estar abiertas (con conductores que se pueden ver), aparentes (con ductos o tubos), ocultas (con paneles o falsos plafones) o ahogadas (con muros, techos o pisos) (Neagu, 1995).

2.4.2. Objetivos de una instalación eléctrica

Una instalación debe de distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera que en su trayectoria no sea interrumpida y de asegurar un correcto funcionamiento de los equipos eléctricos (Neagu, 1995).

- Seguridad
- Eficiencia
- Económica
- Flexibilidad
- Accesibilidad

2.4.3. Building Information Modeling (BIM)

Según el National Building Information Modeling Standards de los Estados Unidos (2007): “Un modelo de información es una representación digital de las características físicas y funcionales de una infraestructura, que sirve como base confiable para las decisiones a tomar a lo largo de su ciclo de vida, desde el inicio hasta el final. Una premisa fundamental del BIM es que todos los involucrados en las diferentes fases del ciclo de construcción trabajen juntos para insertar, extraer, actualizar o modificar información, así como para apoyar y relejar los roles de los involucrados.”

Según el Plan BIM Perú del Ministerio de Economía y Finanzas define al BIM (Building Information Modeling): “Se refiere a una metodología de trabajo colaborativo para la gestión de la información de una inversión pública, utilizando un modelo de información creado por las partes involucradas. Esta metodología facilita la programación multianual, formulación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura pública, asegurando una base confiable para la toma de decisiones sobre la inversión pública y la economía.” (Instituto Nacional de Calidad, 2021a, pág. 8).

2.4.4. Dimensiones BIM

- **1D, la idea**

Componentes de una idea -por ejemplo, una vivienda- y estableces las condiciones iniciales, la ubicación; efectúas las primeras estimaciones -superficie, volumen y costos-; definimos el plan de implementación, entre otros.

- **2D, el boceto**

Elaboras el programa de modelado; proyectas las primeras líneas, entre otros.

- **3D, el Modelo de Datos de la Edificación**

Basándote en todos los datos recolectados, elaboras un modelo BIM (3D) que actuará como fundamento para el resto del ciclo de vida del proyecto. Es más que una ilustración visual del concepto. El modelo BIM no solo es un elemento gráfico, sino que incluye toda la información requerida para las siguientes etapas -dimensiones BIM.

- **4D, el tiempo**

A lo que hasta el momento podría ser visto como algo estático, se le añade la dimensión temporal. Así puedes determinar las etapas del proyecto, definir su programación temporal, y también efectuar simulaciones de parámetros temporales como el ciclo de vida, sol, viento, energía, entre otros.

- **5D, el coste**

Es la gestión de costos y la proyección de los gastos del proyecto. El propósito principal de esta dimensión es incrementar la rentabilidad del proyecto.

- **6D, la simulación**

En algunos casos conocido como Green BIM o BIM verde, implica simular las posibles opciones del proyecto para llegar finalmente a la opción más adecuada. A todo esto, previo a “poner el primer ladrillo”.

Figura 4

Dimensiones BIM-Ciclo de vida de una edificación



Fuente: Sánchez Ortega

2.4.5. Revit-MEP

Según Patricia Alejandra Vitorino Bravo Revit, es un software avanzado por Autodesk que al igual que las otras versiones de Revit alcanza la metodología BIM (Building Information Modeling). Las siglas MEP significan en inglés: Mechanical, Electrical and Plumbing. En español:

- Mecánico (Sistemas de aire acondicionado y ventilación, defensa contra incendios)
- Eléctrico (Iluminación, Tensión Media y Baja)
- Plomería (abastecimiento de agua caliente, fría y sistema de drenaje y fluvial)

Este programa informático se centra en el diseño de instalaciones y sistemas complejos que implican estructuras y sistemas complejos, una variedad de especialidades mediante el modelado de la información para el sector de la construcción. La metodología BIM permite a

los participantes del proyecto colaborar juntos y sincronizarse en tiempo real mediante el uso de una nube donde se encuentran compilados las demás especialidades.

Figura 5

Icono Revit



Fuente: AUTODESK

2.4.6. *Navisworks Manage*

Emplea el programa Navisworks de revisión y coordinación para mejorar la entrega de proyectos de BIM (Modelado de información para la construcción)).

- Visualiza y reúne la información de diseño y edificación en un solo modelo unificado.
- Resuelve y soluciona los conflictos e interferencias antes del inicio de la construcción, lo que te facilita economizar tiempo en el trabajo y en labores de corrección.
- Promueve la cooperación y el vínculo entre los equipos del proyecto mediante la incorporación de incidentes de Navisworks en Autodesk Construction Cloud.

La metodología involucra la recopilación de tres archivos dentro del diseño de tipo “.rvt” (Autodesk Revit) para los tres modelos del arquitecto, ingeniería mecánica y eléctrica. Se

accederá a los modelos utilizados el software Autodesk Navisworks Manage 2024 y se agregarán a un conjunto de archivos Navisworks común (.nwf), de modo que pudieran verse y analizarse como un modelo de construcción heterogéneo. La detección de conflictos se llevará a cabo utilizando la utilidad Clash Detection incorporada en el Navisworks. Por lo que se realizaran tres pruebas de conflictos independientes:

- 1) Modelo de Instalaciones Eléctricas versus Instalaciones mecánicas (II.EE vs II. MM)
- 2) Modelo de Instalaciones Eléctricas versus Instalaciones Sanitarias (II.EE vs II. SS)
- 3) Modelo de Instalaciones Eléctricas versus Instalaciones de Comunicaciones (II.EE vs TIC).

El software será configurado para detectar solo conflictos fuertes, con una tolerancia de 1mm. Las tres pruebas darán como resultado un total de conflictos individuales. Los datos aprovechables para cada conflicto incluirán su ubicación (es decir, nivel y líneas de cuadrícula).

Figura 6

Icono Navisworks Manage



Fuente: AUTODESK

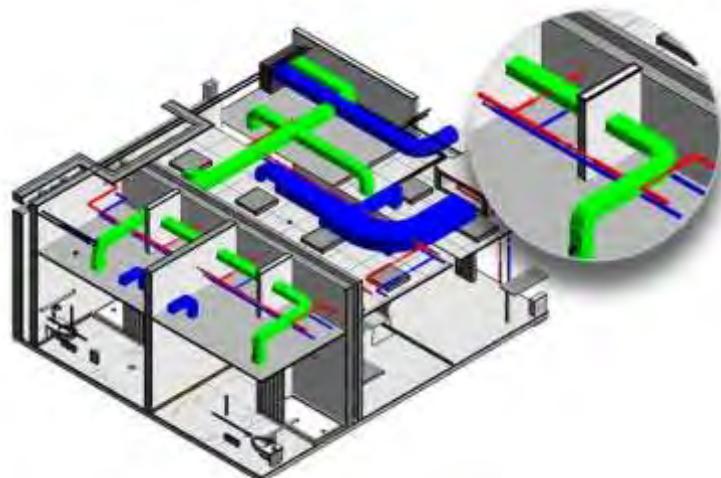
2.4.7. Detección de interferencias (Clash Detection)

Las interferencias son problemas que por lo general ocurren entre los planos de las diferentes especialidades que actúan en la elaboración de un proyecto esto debido a su deficiente integración y, como vemos, usualmente y sobre todo en las instalaciones eléctricas,

las interferencias son descubiertas y solucionadas en campo, los cuales generan posteriormente disposiciones de cambio, causando atrasos y sobrecostos.

Figura 7

Detección de interferencias HVAC-PLUMBING-color rojo de superposición



Fuente: United Bim

De ahí viene la necesidad de usar herramientas adecuadas que admitan alertar con tiempo la presencia de interferencias, de esta forma habrá un mayor tiempo que se le puede destinar para resolverlo y, lo que es mejor aún, mucho antes de llegar a campo (Berdillana, 2008). Podemos decir que una interferencia es cualquier problema que existe entre las diferentes especialidades interdisciplinarias a la hora de elaborar un perfil o expediente técnico que no es perceptible en la elaboración en 2D, pero está hecha en un modelo 3D puede observarse que existirá ciertos conflictos esto de acuerdo a los niveles de instalación de los equipos mecánico, eléctricos, sanitarias y estructural.

2.4.8. *Hospitales*

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), establece que el Hospital es un componente de una entidad médica y social cuyo propósito es brindar a la población una atención médica y sanitaria integral, ya sea curativa o preventiva, y cuyos

servicios alcanzan hasta el entorno familiar. Según el Reglamento de la Ley General de Salud, se le define como cualquier institución pública, social o privada, independientemente de su denominación, cuyo propósito sea el cuidado de usuarios que se hospedan para su diagnóstico, tratamiento o rehabilitación. También tiene la capacidad de manejar pacientes ambulatorios y llevar a cabo actividades de capacitación y desarrollo de personal en salud e investigación.

2.4.9. Categorías de establecimientos de salud por nivel de atención en Perú

Según el Ministerio de Salud de Perú (MINSA), este categoriza los distintos centros de salud basándose en categorías. Una categoría es una categorización que distingue a los centros de salud basándose en niveles de complejidad y características funcionales compartidas. Para ello, disponen de Unidades Productoras de Servicios (UPSS), las cuales definen su capacidad de resolución, adaptándose a circunstancias socio-sanitarias parecidas y diseñadas para afrontar necesidades similares.

Tabla 10

Categorías de establecimientos de salud por nivel de atención en Perú

PRIMER NIVEL DE ATENCION		Categoría I-1 Categoría I-2 Categoría I-3 Categoría I-4
SEGUNDO NIVEL DE ATENCION	Establecimientos de salud de atención general Establecimientos de salud de atención Especializada	Categoría II-1 Categoría II-2 Categoría II-E
TERCER NIVEL DE ATENCION	Establecimientos de salud de atención general Establecimientos de salud de atención Especializada	Categoría III-1 Categoría III-E Categoría III-3

Fuente: Ministerio de Salud. “Resolución Ministerial N° 546-2011/MINSA NTS N° 021-MINSA/dgsp-v-03 Norma Técnica de Salud Categorías de Establecimientos del Sector Salud”. Lima, Perú.

Tabla 11

Cuadro comparativo de los establecimientos de salud según Ministerio de Salud

Categorías	MINSA	EsSalud	PNP	FAP	Naval	Privado
I - 1	Puesto de salud		Puesto sanitario		Enfermería servicios de salud	Consultorio
I - 2	Puesto de salud con médico	Posta médica	Posta médica	Posta médica	Departamento de sanidad posta naval	Consultorio médico
I - 3	Centro de salud sin internamiento	Centro médico	Policlínico B	Departamento sanitario		Policlínico
I - 4	Centro de salud con internamiento	Policlínico			Policlínico naval	Centro médico
II - 1	Hospital I	Hospital I	Policlínico A	Hospital zonal	Clínica naval	Clínica
II - 2	Hospital II	Hospital II	Hospital regional	Hospital regional	Clínica	Clínica
III - 1	Hospital III	Hospital III y IV	Hospital nacional	Hospital Central FAP	Hospital Naval Buque Hospital	Clínica
III - 2	Instituto especializado	Instituto				Instituto

Fuente: Dirección General de Salud de las Personas, MINSA; 2004. Categorías de establecimientos del Sector Salud. N T N.º 0021- MINSA / DGSP V.01. Lima

2.4.10. Alimentadores

Un alimentador es un componente fundamental en los sistemas eléctricos y de distribución de energía. Se trata de un conductor, o conjunto de conductores, que tiene la función principal de transportar energía eléctrica desde una fuente principal, como una subestación, hasta puntos de distribución secundarios o cargas específicas dentro de una red.

A diferencia de los ramales, que llevan la energía directamente a los usuarios finales o equipos individuales, los alimentadores se encargan de suministrar electricidad a grandes áreas o a varios puntos de consumo simultáneamente. Por lo general, están diseñados para manejar corrientes elevadas y mantener una tensión adecuada a lo largo de su recorrido, minimizando las pérdidas de energía (Carreno & Avilés, 2022).

En términos de diseño, los alimentadores deben cumplir con criterios de seguridad, capacidad de carga y confiabilidad, ya que cualquier falla en ellos puede afectar a numerosos usuarios o incluso a sectores completos de una ciudad o industria. Además, suelen estar protegidos por dispositivos de corte y control, como interruptores automáticos y fusibles, para prevenir daños en caso de sobrecargas o cortocircuitos (Carreno & Avilés, 2022).

Además, los alimentadores pueden clasificarse en radiales, anillados o en malla, según la configuración del sistema. Los radiales son los más simples y económicos, pero menos confiables ante fallas. En cambio, los anillados y en malla ofrecen redundancia, permitiendo reconfigurar el flujo de energía en caso de interferencias.

2.4.10.1. Clasificación de los alimentadores

- **Alimentadores Radiales:** Los alimentadores radiales son la forma más sencilla y común de distribución eléctrica. En este sistema, la energía fluye desde una única fuente principal hacia los puntos de consumo a través de un solo trayecto, como si fueran ramas que parten de un tronco central. Cada transformador o carga está conectado directamente al alimentador principal y no existen rutas alternativas para la electricidad. Esto significa que, si ocurre una falla en cualquier parte del alimentador o en el transformador, todas las cargas conectadas a ese circuito pierden el suministro hasta que se resuelva el problema. La principal ventaja de este sistema es su simplicidad y bajo costo, pero su desventaja es la baja confiabilidad, ya que no hay redundancia ni posibilidad de alimentar las cargas por otra ruta en caso de interrupción (Lucchini, 2019).
- **Alimentadores Anillados:** El sistema de alimentadores en anillo consiste en una configuración cerrada donde la energía puede llegar a cada punto de consumo por dos rutas diferentes, formando un circuito cerrado o “anillo”. Normalmente, uno de los interruptores del anillo se mantiene abierto para evitar la operación en

paralelo de las fuentes, pero en caso de falla o mantenimiento, se puede cerrar el circuito y mantener la continuidad del servicio. Es especialmente útil en instalaciones donde la continuidad del servicio es prioritaria, como en grandes edificios, plantas industriales o zonas comerciales (Lucchini, 2019).

- **Alimentadores en malla:** Los alimentadores en malla representan una evolución del sistema en anillo, ya que cuentan con múltiples rutas interconectadas entre la fuente y las cargas. En una red mallada, la energía puede fluir por diferentes caminos, lo que maximiza la confiabilidad y la flexibilidad operativa. Si se produce una falla en cualquier sección, existen varias alternativas para mantener el suministro eléctrico. Este tipo de configuración es la más robusta, pero también la más costosa y compleja de operar y mantener, por lo que suele emplearse en sistemas de distribución de alta importancia o en áreas urbanas densamente pobladas donde la continuidad del servicio es crítica (Lucchini, 2019).

La correcta planificación y mantenimiento de los alimentadores garantiza la eficiencia del sistema eléctrico. Por ello, se incorporan dispositivos de protección como fusibles, reconnectadores, seccionadores y relés, que permiten aislar rápidamente las fallas, evitando apagones extensos y daños mayores en la red. Asimismo, en sistemas más modernos, los alimentadores pueden ser monitoreados y controlados de forma remota mediante sistemas SCADA, lo cual mejora la capacidad de respuesta ante eventos imprevistos y facilita las labores operativas.

2.4.11. Tableros

Un tablero eléctrico es un gabinete o estructura que centraliza y resguarda los principales componentes encargados de la gestión, distribución y protección de la energía eléctrica en una instalación, ya sea residencial, comercial o industrial. Dentro de este gabinete

se encuentran dispositivos como interruptores, fusibles, relés, medidores, dispositivos de control y señalización, todos ellos necesarios para asegurar el funcionamiento seguro y eficiente del sistema eléctrico (Lucchini, 2019).

La función primordial de un tablero eléctrico es recibir la energía proveniente de la red de suministro y distribuirla de manera organizada y segura hacia los diferentes circuitos o equipos de la instalación. Este proceso de distribución se realiza a través de ramificaciones internas, cada una protegida por su respectivo interruptor automático o fusible, lo que permite aislar cualquier circuito en caso de sobrecarga o cortocircuito, evitando así daños mayores y riesgos de incendio.

Además de la distribución, el tablero eléctrico cumple funciones esenciales como:

- Protección: Incorpora dispositivos que detectan anomalías en el flujo de corriente, desconectando automáticamente el circuito afectado ante sobrecargas o cortocircuitos para proteger tanto a los equipos como a las personas (Carreno y Avilés, 2022).
- Control: Permite la activación o desactivación selectiva de circuitos, facilitando el mantenimiento, las reparaciones y la gestión eficiente del consumo eléctrico (Carreno y Avilés, 2022).
- Medición y monitoreo: Incluye medidores y sistemas de monitoreo que registran el consumo de energía y supervisan el estado de la red eléctrica, permitiendo detectar y corregir irregularidades a tiempo (Carreno y Avilés, 2022).
- Organización: Proporciona una estructura ordenada para el cableado y los dispositivos eléctricos, lo que facilita la inspección y el acceso seguro para trabajos de mantenimiento o ampliación del sistema (Carreno y Avilés, 2022).

2.4.12. Circuitos derivados

Un circuito derivado es un conjunto de conductores eléctricos que se extienden desde el dispositivo final de protección contra sobrecorriente, como un interruptor automático o fusible, hasta las salidas o cargas que alimentan dentro de una instalación eléctrica. En otras palabras, es la parte del sistema eléctrico que distribuye la energía desde el tablero o panel de protección hacia los puntos específicos de consumo, como enchufes, luminarias o aparatos eléctricos (Quiñonez-Chila et al., 2023).

Existen diferentes tipos de circuitos derivados según su función y carga:

- Circuito derivado de uso general: Alimenta dos o más salidas para iluminación y aparatos pequeños, como enchufes comunes.
- Circuito derivado individual: Suministra energía a un solo equipo o aparato específico, por ejemplo, una estufa o secadora, permitiendo aislar ese equipo sin afectar el resto de la instalación.
- Circuito derivado multifilar: Compuesto por dos o más conductores de fase con diferente potencial y un conductor de tierra o neutro, que asegura la correcta referencia y protección del circuito.

La función principal de los circuitos derivados es dividir la carga total de una instalación en partes manejables y protegidas individualmente, de modo que una falla o sobrecarga en un circuito no afecte el suministro en los demás. Para ello, cada circuito derivado cuenta con un dispositivo de protección contra sobrecorriente que limita la corriente máxima permitida, garantizando la seguridad y el correcto funcionamiento (Quiñonez-Chila et al., 2023).

La selección de conductores y dispositivos de protección para los circuitos derivados depende de la carga que alimentan y de las condiciones ambientales, considerando factores como la temperatura, agrupamiento de cables y capacidad de las terminales. Por ejemplo, un

circuito derivado de 20 amperios normalmente utiliza conductores calibre 12 AWG, mientras que para 15 amperios se usan calibre 14 AWG (Benites, 2018).

Además, los conductores de los circuitos derivados deben identificarse con códigos de colores específicos para facilitar su instalación y mantenimiento: los conductores de fase suelen ser rojo, negro o azul; el neutro blanco o gris; y los conductores de tierra verde o verde con franjas amarillas.

2.4.13. Puesta a tierra

La puesta a tierra es un sistema de seguridad eléctrica fundamental que consiste en conectar de manera intencional y segura ciertas partes metálicas de una instalación eléctrica, equipo o estructura, al suelo o tierra física mediante un conductor especializado. Esta conexión tiene como objetivo principal desviar corrientes eléctricas no deseadas, como las que pueden generarse por fallas, descargas atmosféricas o fugas eléctricas, hacia la tierra, evitando así riesgos de electrocución, incendios o daños en los equipos (Peñafiel y Vallejo, 2020).

En esencia, la puesta a tierra actúa como un camino de baja resistencia que permite que la corriente eléctrica fluya directamente hacia el suelo, disipándose de forma segura y evitando que las personas o los dispositivos eléctricos entren en contacto con voltajes peligrosos. Esto es especialmente importante en situaciones donde la aislación de los conductores falla y las partes metálicas expuestas pueden quedar energizadas.

El sistema de puesta a tierra está compuesto por varios elementos clave:

- Electrodo de tierra: Es el elemento físico que se entierra en el suelo, como varillas metálicas, placas o mallas conductoras, que establecen el contacto con la tierra (Peñafiel y Vallejo, 2020).
- Conductor de tierra: Es el cable que conecta el electrodo con las partes metálicas de la instalación o con el sistema eléctrico, asegurando una ruta continua y de baja resistencia (Peñafiel y Vallejo, 2020).

- **Conexiones y terminales:** Son los puntos de unión que garantizan la integridad y continuidad del sistema de puesta a tierra (Peñafiel & Vallejo, 2020).

Además de proteger a las personas, la puesta a tierra también protege los equipos eléctricos y electrónicos al estabilizar las tensiones dentro del sistema eléctrico, evitando sobretensiones que puedan dañarlos. Es un requisito indispensable en el diseño y construcción de instalaciones eléctricas, regulado por normas técnicas y de seguridad eléctrica en cada país.

2.4.14. Pararrayos

El pararrayos es un dispositivo diseñado para proteger edificaciones, estructuras y equipos eléctricos de los efectos dañinos de las descargas atmosféricas, específicamente los rayos. Su función principal es interceptar el rayo antes de que impacte directamente sobre la estructura protegida y conducir la corriente eléctrica resultante de manera segura hacia la tierra, evitando daños materiales, incendios o riesgos para las personas (Padilla, 2023).

Este sistema está compuesto por tres elementos básicos:

- **Captor o punta aérea:** Es la parte del pararrayos que se coloca en la parte más alta de la estructura, generalmente una varilla metálica puntiaguda, cuya función es atraer la descarga eléctrica del rayo, sirviendo como punto preferente de impacto.
- **Conductor de bajada:** Es el cable conductor que conecta la punta aérea con el sistema de puesta a tierra. Su función es guiar la corriente eléctrica del rayo desde el captor hasta el suelo, minimizando la resistencia y evitando que la corriente pase por la estructura o instalaciones internas.
- **Sistema de puesta a tierra:** Consiste en electrodos enterrados que dispersan la corriente eléctrica en la tierra, asegurando que la energía del rayo se disipe de forma segura y controlada.

El pararrayos actúa como un camino de baja resistencia para la corriente del rayo, desviándola lejos de la estructura y reduciendo significativamente la probabilidad de daños por sobrecargas eléctricas, incendios o impactos mecánicos. Además, su instalación debe cumplir con normas técnicas específicas que garantizan su eficacia y seguridad, considerando factores como la altura de la estructura, el tipo de suelo, la frecuencia de tormentas eléctricas en la zona y la sensibilidad de los equipos a proteger (Padilla, 2023).

2.4.15. Sistema de protección y control

Un sistema de protección y control en el ámbito eléctrico es un conjunto integrado de dispositivos y mecanismos automatizados diseñados para supervisar, regular y salvaguardar la operación de la energía eléctrica desde su generación, transformación, transporte y distribución hasta su uso final en equipos o instalaciones, ya sean industriales, comerciales o domésticas.

La función principal de estos sistemas es garantizar la estabilidad y continuidad del suministro eléctrico, regulando el flujo de corriente para que se mantenga dentro de parámetros seguros y eficientes, y protegiendo tanto a las personas como a los equipos ante posibles fallas o condiciones anormales como sobrecargas, cortocircuitos, contactos directos o indirectos y sobretensiones (Estrella, 2020).

Para lograr esto, los sistemas de protección y control incluyen diversos dispositivos como:

- **Fusibles**, que interrumpen el circuito al detectar corrientes excesivas para evitar daños mayores.
- **Interruptores automáticos o termomagnéticos**, que combinan la detección térmica y magnética para actuar ante sobrecargas o cortocircuitos.
- **Interruptores diferenciales**, que detectan fugas de corriente y desconectan el circuito para prevenir electrocuciones.

- **Seccionadores**, que aislan partes del circuito para permitir trabajos de mantenimiento sin afectar el resto de la instalación.

Además, estos sistemas proporcionan información detallada sobre la localización y naturaleza de las fallas, facilitando la rápida identificación y corrección de problemas, lo que minimiza el impacto en la operación y mejora la seguridad (Estrella, 2020).

2.4.16. Evaluación de la demanda

La evaluación de la demanda eléctrica es un proceso técnico que consiste en analizar y determinar la cantidad de energía o potencia que una instalación, edificio o sistema eléctrico requerirá durante un intervalo de tiempo específico para su correcto funcionamiento. Este análisis es fundamental para dimensionar adecuadamente los equipos, conductores, protecciones y demás componentes del sistema eléctrico, garantizando tanto la seguridad como la eficiencia en el suministro.

La demanda eléctrica se define como la potencia promedio consumida por las cargas conectadas durante un intervalo determinado, comúnmente de 15 minutos, aunque puede variar según el estudio o normativa aplicable. Este valor refleja el consumo real y no simplemente la suma de las potencias nominales de los equipos, ya que no todos operan simultáneamente ni a plena carga. Por ello, para obtener una estimación precisa, se aplican factores como el factor de demanda, que ajusta la carga instalada a un valor realista de consumo máximo, y el factor de simultaneidad, que considera la probabilidad de que varias cargas funcionen al mismo tiempo (Estudio de La Demanda Electrica, n.d.)

El proceso de evaluación incluye:

- Inventario de cargas: Listar y clasificar todos los equipos eléctricos con sus potencias nominales.
- Cálculo de la carga instalada: Sumar las potencias de todos los equipos.

- Aplicación de factores: Ajustar la carga instalada con factores de demanda y simultaneidad para reflejar el consumo real.
- Determinación de la demanda máxima: Identificar el valor pico de consumo esperado, es necesario para dimensionar transformadores, conductores y protecciones.
- Consideración de factores adicionales: Como el factor de diversidad, que refleja la no coincidencia total de demandas máximas, y el factor de carga, que indica la variabilidad del consumo a lo largo del tiempo.

Esta evaluación es esencial para la planificación, diseño y operación de sistemas eléctricos, ya que permite optimizar inversiones, garantizar la confiabilidad del suministro y evitar sobredimensionamientos o subdimensionamientos que puedan afectar la seguridad o eficiencia energética. Además, la demanda máxima registrada influye en la facturación eléctrica, especialmente en usuarios industriales o comerciales, donde se cobran cargos adicionales basados en el pico de consumo durante intervalos específicos.

2.4.17. Cálculo de alimentadores y circuitos derivados

Para realizar el cálculo de alimentadores y circuitos derivados, se debe considerar una secuencia lógica de fórmulas, factores y consideraciones normativas que deben seguirse:

- **Cálculo de la Corriente Nominal (In)**

Cálculo de la corriente nominal (corriente para el cual el circuito ha sido diseñado):

$$In = \frac{Pt.}{K. Ur. \cos \phi}$$

Donde:

In : Corriente nominal (A)

Pt : Potencias (W)

Ur : Es la tensión de funcionamiento 380-220 V

CosΦ : Es el factor de potencia medio de las cargas 0.85

K : Para este caso monofásico =1 y trifásico = 1.73

- **Factores de Corrección para la Capacidad de Corriente (I_z)**

Para cables enterrados:

$$I_z = I_o K_1 K_2 K_3 = I_o K_{tot}$$

Donde:

I_o : Es la capacidad de corriente admisible ordinaria de cada conductor para instalación en el terreno a 20 °C

K_1 : Es el factor de corrección que debe aplicarse si la temperatura del terreno es diferente a 20°C

K_2 : Es el factor de corrección para los cables adyacentes

K_3 : Es el factor de corrección que debe aplicarse si la resistividad térmica del terreno es diferente del valor de referencia de 2.5 k.m / W

- **Cálculo de Caída de Tensión (ΔV)**

Según el CNE-U, no debe superar el 4% del voltaje nominal:

$$\Delta V = \frac{kIL}{n} (r \cos \theta + x \sin \theta)$$

L : longitud de la línea km

k : $\sqrt{3}$ trifásico y 2 monofásico

r : resistencia de cada cable por unidad de longitud Ω/km

x : reactancia de cada cable por unidad de longitud Ω/km

$\text{Sen } \Phi$: 0.312 (dato de catálogo del conductor N2XOH marca Indeco)

$\text{Cos } \Phi$: 0.95 (dato de catálogo de conductor N2XOH marca indeco)

n : es el número de los conductores en paralelo por fase

Máxima caída de tensión permitida es de 4% según el código Nacional de Electricidad Utilización 2006

- **Parámetros Generales del Sistema**

- **Sistema:** Trifásico.
- **Tensión de servicio:** 380/220 V.
- **Frecuencia:** 60 Hz.
- **Factor de potencia:** 0.85.

- **Cuadro de Máxima Demanda**

Se realiza según el Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma EM.010, considerando:

- Potencia instalada de cada equipo.
- Factores de demanda por tipo de carga.
- Factores de utilización (para motores).
- Factores de simultaneidad (para cargas totales).

2.4.18. Carga máxima de circuitos

La carga máxima de circuitos se refiere a la potencia o corriente máxima que un circuito eléctrico puede soportar de manera segura sin que se produzcan sobrecargas, daños en los conductores o disparos intempestivos de los dispositivos de protección. Este concepto es fundamental para dimensionar adecuadamente los conductores, interruptores y demás componentes del circuito, garantizando la seguridad y el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica.

La carga máxima se determina considerando la potencia total de los equipos o aparatos conectados al circuito, pero no simplemente sumando sus potencias nominales, sino ajustando con factores que reflejan el uso real, como el factor de demanda y el factor de simultaneidad, ya que no todas las cargas operan simultáneamente ni a plena capacidad. Esto permite evitar sobredimensionamientos innecesarios y asegurar que el circuito no se sobrecargue en condiciones normales de operación.

2.4.19. Calculo eléctrico

El cálculo eléctrico se desarrolla siguiendo un conjunto de fórmulas y criterios técnicos enfocados en asegurar la correcta selección de conductores, protecciones, capacidad de carga y seguridad del sistema.

- **Cálculo de la Corriente de Diseño (Id)**

Fórmula base para determinar la corriente que circulará por cada circuito:

$$Id = \frac{Pt.}{K. Ur. \cos \phi}$$

Pt: Potencia total (W).

K: 1 para monofásico, $\sqrt{3}$ para trifásico.

Ur: Tensión nominal (V), usualmente 220 V o 380 V.

cosφ: Factor de potencia (usualmente 0.85–0.95).

- **Determinación de la Intensidad Admisible del Conductor (Iz)**

La corriente que el conductor puede soportar sin sobrecalentarse:

$$Iz = Io K1 K2 K3 = Io K_{tot}$$

Io: Capacidad nominal según catálogo a 20°C.

K1: Corrección por temperatura ambiente.

K2: Corrección por proximidad a otros cables.

K3: Corrección por resistividad térmica del suelo (en cables enterrados).

- **Verificación de Caída de Tensión Permitida (ΔV)**

Controla que no se exceda el 4% permitido por el CNE-U:

$$\Delta V = \frac{kIL}{n} (r \cos \phi + x \sin \phi)$$

k: 2 (monofásico) o $\sqrt{3}$ (trifásico).

I: Corriente del circuito.

L: Longitud del conductor (en km).

n: Número de conductores en paralelo.

r, x: Resistencia y reactancia del conductor (Ω/km).

- **Selección de Interruptores Termomagnéticos (In)**

El interruptor debe cumplir:

$$Ib \leq In \leq Iz$$

Donde:

Ib: Corriente de diseño.

In: Corriente nominal del interruptor.

Iz: Capacidad de conducción del conductor.

- **Cálculo de Potencia Instalada y Demanda Máxima (Pmáx)**

Se evalúa por cargas:

- Iluminación.
- Tomacorrientes.
- Equipos fijos (motores, bombas).
- Aire acondicionado, etc.

Se aplican:

- Factores de utilización (fu).
- Factores de demanda (fd).
- Factores de simultaneidad (fs).

$$Pdem = P_{instalada} \cdot fu \cdot fd \cdot fs$$

- **Protección Contra Cortocircuito y Sobrecarga**

Se eligen dispositivos de protección (termomagnéticos, diferenciales) en función de:

- Corriente de cortocircuito estimada.
- Corriente máxima admisible del conductor.
- Tiempo de actuación permitido.
- **Cálculo del Neutro y Tierra**
 - El conductor de neutro se dimensiona igual o mayor al de fase, según norma.
 - El sistema de puesta a tierra debe cumplir con la resistencia máxima (≤ 25 ohm) y adecuarse a tipo TT o TN-S.
- **Algoritmo para el diseño de iluminación**

La metodología empleada para diseñar sistemas de iluminación con el DIALux (DIALUX evo) para la iluminación interior será la siguiente.

 - Conocer el tipo de recinto y la actividad que se va a realizar allí y además el tipo de instalación de iluminación (general, local, decorativa, etc.)
 - Especificar todo lo relacionado al proyecto en el administrador del proyecto, por ejemplo, nombre del proyecto y del diseñador, factor de mantenimiento, etc.
 - Construir la edificación incluyendo en esta todos sus atributos arquitectónicos tales como ventanas, vigas, columnas, etc.
 - Aplicar colores y texturas a las superficies del local ya sea usando las que se incluyen en el software o importar nuevas texturas (Recomendado)
 - Por medio de los catálogos instalados en el DIALux, se selecciona el tipo de luminaria referencial a emplear.
 - Utilizando los asistentes del DIALux o de manera manual ubicar las luminarias en el local.
 - El software calculará por defecto la iluminancia promedio en todo el local, en caso de que se requieran realizar mediciones adicionales de iluminancia o deslumbramiento, se

deberán insertar los puntos de medida disponibles en la opción “Objetos” >> “Puntos de cálculo” del administrador de proyectos.

- Se da inicio a los cálculos y terminados éstos se verifica el cumplimiento de los objetivos esenciales del diseño, los cuales son: Iluminancia promedio y el valor de eficiencia energética de la instalación.

- **Radio de protección de sistema de protección atmosférica**

Sin embargo, no se muestra ninguna fórmula ni desarrollo explícito del cálculo del radio de protección directamente debajo de ese título.

Lo que sí se incluye en la sección relacionada es:

- La evaluación del impacto de rayos
- Cálculo de la superficie de captura equivalente (A_e)
- Frecuencia de impactos esperados (N_d)
- Nivel de protección requerido: *Nivel I*
- Distancia de cebado: $>20\text{ m}$

Además, el documento se basa en la norma NTP IEC-62305-2, la cual indica que el radio de protección (R_p) puede calcularse usando el método del ángulo de protección o el modelo de esfera rodante.

$$R_p = \sqrt{2 \cdot h \cdot R - h^2}$$

Donde:

- R_p = Radio de protección (m)
- h = Altura del pararrayos (m)
- R = Radio de la esfera rodante (depende del nivel de protección):
 - Nivel I → 20 m
 - Nivel II → 30 m

- Nivel III → 45 m
- Nivel IV → 60 m

- **Carga de máxima demanda – regla 0.50**

Para el cálculo de la potencia instalada y la máxima demanda estimada se ha tenido en consideración las potencias nominales de los diferentes equipos indicados y toda carga involucrada; desarrollados conforme se indica en el CNE-U y el RNE (EM.010 evaluación de la demanda).

En el desarrollo del proyecto se ajustan las cargas estimadas y los cálculos finales reales se realizan y compatibilizan conforme se indica en el RNE Norma EM.010 Evaluación de la demanda. Los factores de demanda mostrados en los cálculos de la máxima demanda por tablero, representan la relación entre la máxima demanda y carga instalada de cada tablero, resultado de haberse aplicado los factores de demanda a cada carga de cada circuito.

Carga instalada: Suma total de todas las potencias nominales.

Máxima demanda: Carga instalada multiplicada por factores de demanda, utilización o simultaneidad según el caso.

Factor de demanda:

$$FD = \frac{\text{Potencia de máxima demanda}}{\text{Potencia instalada}}$$

Este factor puede variar según el tipo de carga y criterio del RNE EM.010.

Para el equipamiento que involucra motores, electrobombas, etc., se consideran factores de utilización y para las cargas totales factores de simultaneidad

2.5. Marco Normativo

Las normas, códigos, reglamentos utilizados en el proyecto de diseño. Son dadas por las entidades como es:

- **CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD-UTILIZACIÓN (SECCIÓN 140: HOSPITALES, CLÍNICAS Y SIMILARES).**

El propósito del Código Nacional de Electricidad - Utilización es definir normas preventivas para proteger las condiciones de seguridad de los individuos, además de la vida animal, vegetal y de los bienes, ante los riesgos provenientes del uso de la electricidad. Además, se busca proteger el medio ambiente y salvaguardar el Patrimonio Cultural de la Nación.

También recomienda el uso material y equipos eléctricos aprobados o certificados y efectuando la instalación, operación y mantenimiento apropiados, con personal calificado y autorizado, se logrará una instalación esencialmente segura.

- **NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 110-MINSA/DGIEM-V.01 “INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DEL SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN” R.M. N° 660-2014/MINSA.**

Esta norma técnica, emitida por el Ministerio de Salud, establece los requisitos mínimos que deben cumplir la infraestructura física y el equipamiento de los establecimientos de salud del segundo nivel de atención en el Perú. Su aplicación es obligatoria en todo proyecto de construcción, remodelación o adecuación de hospitales, centros médicos especializados y establecimientos equivalentes que brinden servicios de mayor complejidad.

En lo referente a las instalaciones eléctricas, esta norma precisa las condiciones que deben cumplir los sistemas de alimentación eléctrica normal y de emergencia, los tableros eléctricos por áreas funcionales, la disponibilidad de tomacorrientes clínicos, la seguridad contra descargas, y la compatibilidad electromagnética en ambientes críticos como salas de operaciones, cuidados intensivos y laboratorios. Además, especifica la necesidad de contar con sistemas diferenciados para iluminación, fuerza, equipos biomédicos y protección contra

descargas eléctricas, así como la integración de sistemas de comunicación, señalización y alarmas.

- **NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 113-MINSA/DGIEM-V.01 “INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DEL PRIMER NIVEL DE ATENCIÓN” MINSA.**

Esta norma técnica, emitida por el Ministerio de Salud del Perú, establece los lineamientos técnicos y funcionales mínimos que deben cumplir los establecimientos de salud del primer nivel de atención, como postas, centros de salud y establecimientos médicos básicos. Su finalidad es estandarizar las condiciones de infraestructura, equipamiento y funcionalidad para garantizar una atención segura, accesible y eficiente a la población.

En el ámbito eléctrico, la norma exige el diseño de instalaciones que aseguren la continuidad del servicio, el uso seguro de los equipos médicos, y la protección tanto del personal como de los pacientes. Se establecen requerimientos específicos para la distribución de tomascorrientes, iluminación funcional y de emergencia, sistemas de respaldo eléctrico, instalaciones separadas para ambientes clínicos y administrativos, así como la implementación de tableros seccionales por ambientes o zonas funcionales.

- **NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 119-MINSA/DGIEM-V.01 “INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DEL TERCER NIVEL DE ATENCIÓN” MINSA.**

De acuerdo con el nivel de atención del sector salud, tiene como objetivo establecer el marco normativo para la infraestructura y equipamiento de los centros de salud. Por lo tanto, es indispensable establecer los estándares técnicos mínimos para el diseño arquitectónico, el diseño de las instalaciones según sus especialidades y el dimensionamiento de la infraestructura física de los centros de salud.

- **GUÍA DE ORIENTACIÓN DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA Y DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO-DIRECCIÓN GENERAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Esta guía proporciona una instrumento útil y práctica para la implementación óptima de sistemas de gestión y diagnóstico de energía en hospitales. Para su aplicación en hospitales, se deberán desarrollar procedimientos y/o metodologías para orientar, instruir, examinar y valorar el uso eficiente de los recursos energéticos en todas sus formas.

La presente guía está dirigida principalmente a técnicos de mantenimiento, ingenieros, empresarios, consultores y/o diseñadores de proyectos vinculados con el ahorro y la eficiencia energética.

- **NORMA TÉCNICA EM.010 "INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES" DEL NUMERAL III.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS, DEL TÍTULO III CONSTRUCCIONES DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES - RNE, APROBADO POR DECRETO SUPREMO N.o 011-2006-VIVIENDA, INTEGRA LA PRESENTE RESOLUCIÓN MINISTERIAL.**

Esta Norma tiene como objetivo principal establecer los estándares técnicos mínimos que se deben cumplir al diseñar y construir instalaciones eléctricas interiores dentro de una edificación. Es importante señalar que las edificaciones deben tener niveles adecuados de protección eléctrica para salvaguardar la salud de las personas y garantizar el suministro ininterrumpido de energía eléctrica.

Todos los proyectos que modifiquen o requieran una instalación eléctrica segura, así como en toda edificación, independientemente de la antigüedad de su construcción, se deberán llevar a cabo según lo disponga la Autoridad, tanto en edificaciones nuevas, ampliaciones, remodelaciones, refacciones, acondicionamientos y puesta en valor histórico monumental.

- **NORMA DGE DE TERMINOLOGÍA EN ELECTRICIDAD**

La Dirección General de Electricidad (DGE) del Ministerio de Energía y Minas ha establecido una norma técnica que define y estandariza los términos empleados en el ámbito de la electricidad, con el objetivo de asegurar una comunicación clara, precisa y uniforme entre profesionales, técnicos, autoridades y empresas del sector eléctrico. Esta norma es de aplicación obligatoria en la elaboración de proyectos, estudios, especificaciones técnicas, informes, reglamentos y demás documentos relacionados con instalaciones eléctricas en el territorio nacional.

La normativa proporciona definiciones oficiales para conceptos fundamentales como corriente eléctrica, tensión, potencia activa y reactiva, factor de potencia, cortocircuito, puesta a tierra, entre otros, de modo que se evite la ambigüedad terminológica en los procesos de diseño, operación y mantenimiento de sistemas eléctricos. Esta estandarización contribuye a mejorar la calidad técnica de los proyectos eléctricos, facilita la interpretación normativa y promueve la coherencia entre documentos técnicos emitidos por diferentes entidades públicas y privadas.

Asimismo, su cumplimiento garantiza la alineación con otras normativas nacionales como el Código Nacional de Electricidad – Utilización y Suministro, así como con el Reglamento Nacional de Edificaciones, consolidando un lenguaje técnico común que fortalece la seguridad, eficiencia y legalidad de las instalaciones eléctricas en edificaciones, espacios públicos y centros de atención especializada como hospitales y clínicas.

- **NORMA DGE DE SIMBOLOGÍA EN ELECTRICIDAD**

La Dirección General de Electricidad (DGE) también ha establecido una norma técnica que regula el uso de la simbología aplicada a esquemas eléctricos, diagramas unifilares, planos de instalación y otros documentos gráficos utilizados en el diseño, construcción y supervisión

de sistemas eléctricos. Esta norma tiene como finalidad unificar los símbolos gráficos utilizados en proyectos eléctricos a nivel nacional, con el propósito de facilitar su interpretación por parte de proyectistas, revisores, instaladores, fiscalizadores y demás actores del sector.

La norma establece símbolos normalizados para representar componentes como interruptores, toma-corrientes, tableros eléctricos, transformadores, luminarias, canalizaciones, protecciones, sistemas de puesta a tierra, y equipos especiales, asegurando que la documentación técnica mantenga un estándar gráfico coherente. El uso adecuado de esta simbología permite una mayor claridad en los planos y evita errores durante la ejecución y supervisión de las obras eléctricas.

Además, su cumplimiento es obligatorio en todos los documentos técnicos que forman parte de los expedientes para licencias de edificación, supervisión técnica y ejecución de instalaciones eléctricas, conforme a los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones y los Códigos Nacionales de Electricidad. El uso estandarizado de símbolos es especialmente importante en instalaciones complejas, como centros de salud o edificaciones públicas, donde intervienen múltiples especialidades técnicas y se requiere una coordinación precisa entre planos.

• CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD – SUMINISTRO (2011)

El Código Nacional de Electricidad – Suministro, aprobado mediante Resolución Ministerial N.º 045-2011-EM, establece los requisitos técnicos mínimos que deben cumplirse en las instalaciones y sistemas vinculados al suministro de energía eléctrica desde el punto de vista de las empresas concesionarias de distribución, transmisión y generación. Esta normativa es de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional y tiene como propósito asegurar la calidad, continuidad y seguridad del suministro eléctrico.

Este código regula aspectos como el diseño y operación de subestaciones, redes primarias y secundarias, sistemas de protección, control, comunicación, medición, así como

los requisitos para las conexiones de nuevos suministros eléctricos. Además, contempla disposiciones sobre distancias mínimas, protecciones contra sobretensiones, y coordinación entre protecciones eléctricas, lo cual es esencial para garantizar la confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico nacional.

- **NORMA DGE 017-AI-1/1982**

La Norma DGE 017-AI-1/1982, emitida por la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas, establece los lineamientos técnicos para el diseño, instalación y mantenimiento de instalaciones eléctricas interiores. Su contenido aborda aspectos fundamentales como la clasificación de redes eléctricas, niveles de tensión, criterios de seguridad eléctrica, dimensionamiento de conductores, protecciones y distancias mínimas de seguridad.

- **NORMA TÉCNICA DE METRADOS PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN Y HABILITACIONES URBANAS**

Esta norma técnica tiene como objetivo principal estandarizar los criterios y procedimientos para el metrado de partidas en proyectos de construcción, incluyendo instalaciones eléctricas. Define las unidades de medida, fórmulas y condiciones bajo las cuales deben cuantificarse materiales, equipos, mano de obra y otros recursos necesarios para la ejecución de obras eléctricas, desde la canalización hasta la instalación de tableros, luminarias y sistemas de puesta a tierra.

La aplicación de esta norma permite generar metrados precisos y comparables, facilitando la elaboración de presupuestos, cronogramas y análisis de costos en las distintas fases del proyecto.

- **NORMAS BIM**

Las Normas BIM (Building Information Modeling) establecen los lineamientos para la creación, gestión y coordinación de modelos digitales tridimensionales de información constructiva. Estas normas incluyen definiciones sobre los Niveles de Desarrollo (LOD), Niveles de Información (LOI), intercambio de formatos interoperables (como IFC), metodologías colaborativas, control de interferencias (clash Detection) y protocolos de trabajo interdisciplinario.

En el ámbito de las instalaciones eléctricas, las Normas BIM permiten modelar de forma precisa sistemas como canalizaciones, bandejas portacables, luminarias, tomacorrientes, tableros eléctricos y otros componentes, facilitando su integración con otras especialidades (estructuras, sanitarias, mecánicas). Además, permiten extraer automáticamente metrados, generar planos, simular el consumo energético y prever interferencias antes de la ejecución de obra, lo cual reduce errores, tiempos de ejecución y sobrecostos.

CAPÍTULO III

DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

3.1.INTRODUCCIÓN

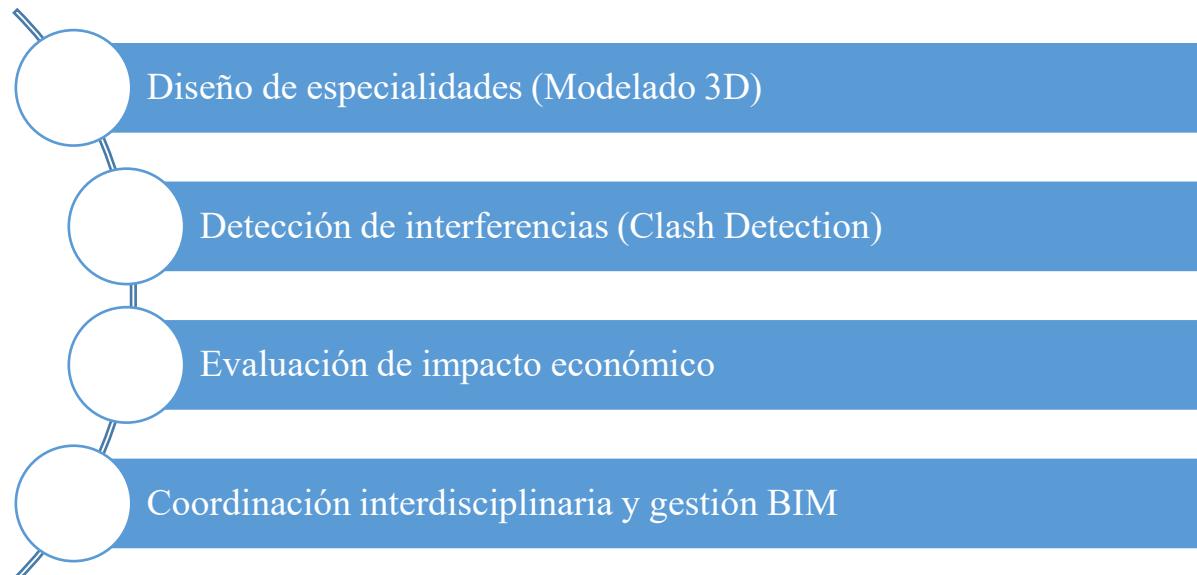
En el presente capítulo se describe la distribución de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás. El desarrollo considera los lineamientos establecidos en la Norma Técnica de Salud N° 113-MINSA/DGIEM-V.01 “Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Primer Nivel de Atención” y la Norma Técnica de Salud N° 110-MINSA/DGIEM-V.01 “Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Segundo Nivel de Atención” R.M. N° 660-2014/MINSA, garantizando el cumplimiento de los estándares requeridos para el diseño seguro y funcional de la infraestructura hospitalaria.

3.2.Planteamiento del uso BIM

En este apartado se describe el planteamiento del uso de la metodología BIM aplicada al diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas - Cusco. Se detalla la implementación de procesos específicos como el modelado 3D de las instalaciones mediante Revit-MEP, la detección de interferencias con otras especialidades utilizando Navisworks Manage, la evaluación del impacto económico generado por estas interferencias y la coordinación interdisciplinaria para optimizar el diseño eléctrico.

3.3. Esquema metodológico del uso de BIM

En este apartado se presenta el esquema metodológico del uso de BIM aplicado en la investigación, que integra los procesos necesarios para el diseño y gestión de las instalaciones eléctricas en el Hospital II-1 de Santo Tomás.

Figura 8*Procesos BIM empleado*

Fuente: Elaboración Propia

El enfoque se basa en el modelado, detección de interferencias, evaluación económica y coordinación interdisciplinaria, asegurando un diseño preciso y compatible con las demás especialidades del proyecto.

La Figura 8 muestra los procesos BIM empleados:

- 1. Diseño de especialidades (Modelado 3D):** Se realiza el modelado tridimensional de las instalaciones eléctricas (alimentadores, tableros, circuitos, luminarias) utilizando Revit-MEP. Este proceso permite visualizar la distribución real, identificar detalles técnicos y planificar con precisión cada componente eléctrico dentro del hospital.
- 2. Detección de interferencias (Clash Detection):** Mediante Navisworks Manage, se identifican las interferencias entre el diseño eléctrico y otras especialidades como arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, mecánicas y TIC. Además, permite analizar y clasificar los conflictos detectados para su corrección antes de la ejecución, evitando retrasos y sobrecostos.

3. Evaluación de impacto económico (5D): Se realiza la estimación de los costos asociados a las interferencias detectadas y los ahorros generados al resolverlos en la etapa de diseño. Este proceso permite determinar la influencia económica de aplicar la metodología BIM en las instalaciones eléctricas, contribuyendo a una gestión eficiente del presupuesto.

4. Coordinación interdisciplinaria y gestión BIM: Consiste en la integración de Revit-MEP y Navisworks Manage en un flujo colaborativo, permitiendo gestionar el diseño eléctrico de forma coordinada con las demás especialidades. Esto reduce errores, evita duplicidades y garantiza un diseño compatible y optimizado para la ejecución del proyecto.

3.4. Diseño de instalaciones eléctricas en el Hospital II-1

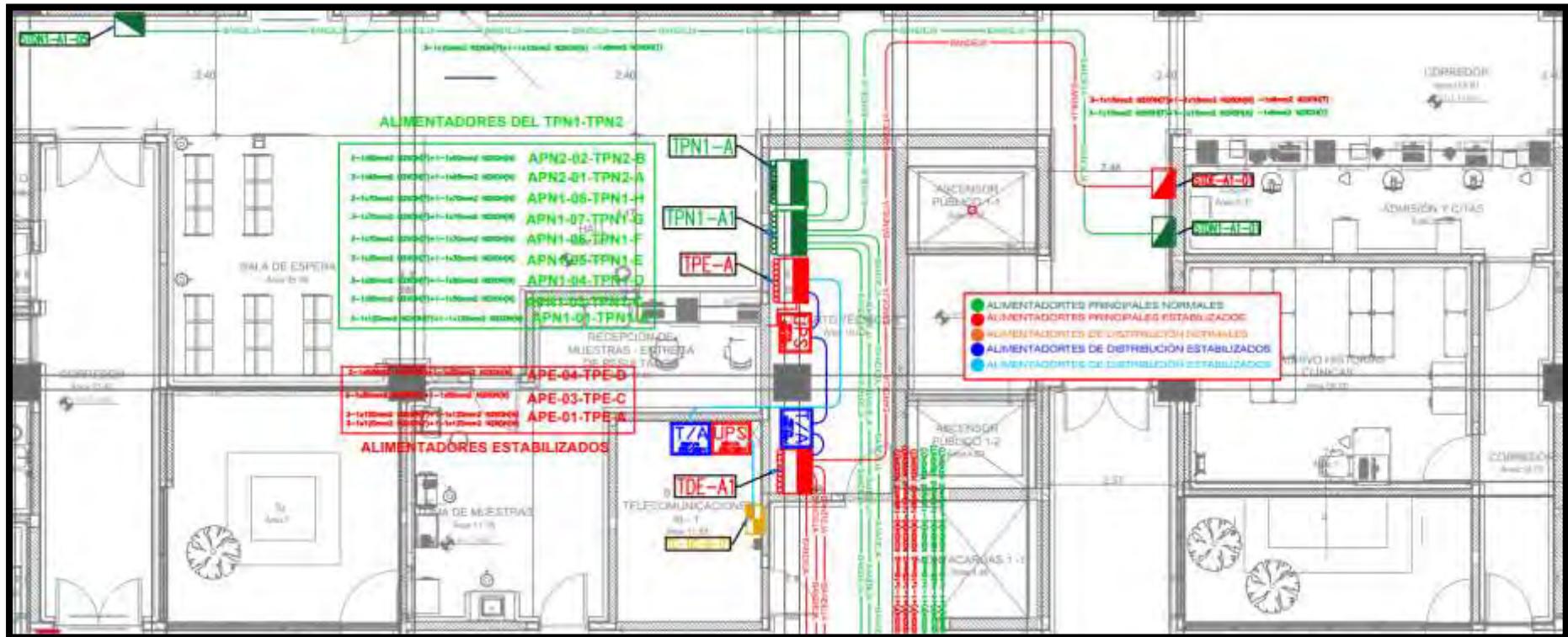
3.4.1. Instalaciones eléctricas en el Primer Nivel

El diseño de las instalaciones eléctricas del primer nivel del Hospital II-1 ha sido desarrollado considerando criterios de eficiencia, seguridad y continuidad del servicio, de acuerdo con los estándares establecidos por el Código Nacional de Electricidad (CNE), la Norma Técnica Peruana NTP 370.401 y las recomendaciones para infraestructura hospitalaria establecidas por la Organización Panamericana de la Salud (OPS). La distribución contempla los sistemas de alimentación eléctrica, iluminación y tomacorrientes, diferenciando entre circuitos normales y estabilizados para garantizar la operación continua de los equipos médicos críticos.

De forma general, el trazado completo de los sistemas eléctricos del primer nivel puede apreciarse en el Anexo N.^o 1, el cual integra el plano detallado de alimentadores, correspondiente a la Figura 9.

Figura 9

Trazado de alimentadores del primer nivel del Hospital II-1



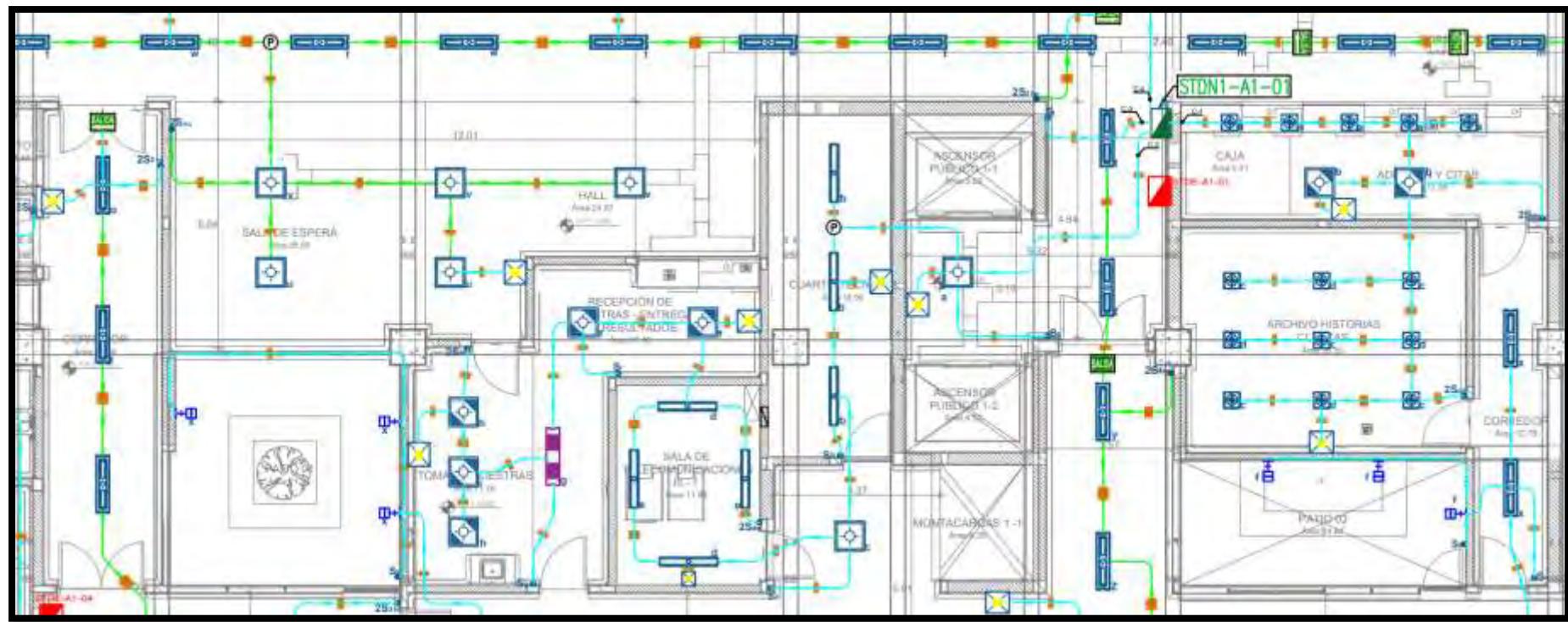
Fuente: Elaboración Propia

La figura 9 representa el sistema de alimentación eléctrica principal, compuesto por alimentadores normales (verde) y estabilizados (rojo). Estos parten desde los tableros de potencia TPN1 y TPN2 (energía normal) y TPE-A (energía estabilizada), hacia subtableros secundarios distribuidos estratégicamente. Se identifican rutas organizadas a través de bandejas y canalizaciones, con conductores normalizados (ej. N2XH 0,6/1kV) con aislamiento termoplástico, resistentes a la humedad y con baja emisión de gases tóxicos, apropiados para ambientes hospitalarios. La separación física entre alimentadores normales y estabilizados evita interferencias electromagnéticas y permite el aislamiento seguro en caso de fallas. La distribución cubre áreas clave como recepción, sala de espera, laboratorios, archivo clínico, telecomunicaciones y salas técnicas, garantizando alimentación sectorizada, mantenimiento independiente y mínima afectación ante contingencias.

El sistema de iluminación ha sido diseñado para cumplir con los niveles mínimos de iluminancia requeridos según el tipo de actividad y la clasificación de cada ambiente (consulta, tránsito, administración) (Ver Figura 10). La disposición de luminarias, mostrada en esta figura, contempla artefactos LED de alta eficiencia dispuestos uniformemente, con conexiones canalizadas en tubo EMT o ductos plásticos embebidos, visibles en verde. Se han incorporado luminarias de emergencia conectadas a circuitos estabilizados y respaldadas por UPS, especialmente en zonas como recepción, pasillos principales y sala de muestras. Esta medida garantiza la visibilidad y operación ante cortes eléctricos, cumpliendo con lo dispuesto en la norma técnica ITC-BT-28 sobre locales de pública concurrencia.

Figura 10

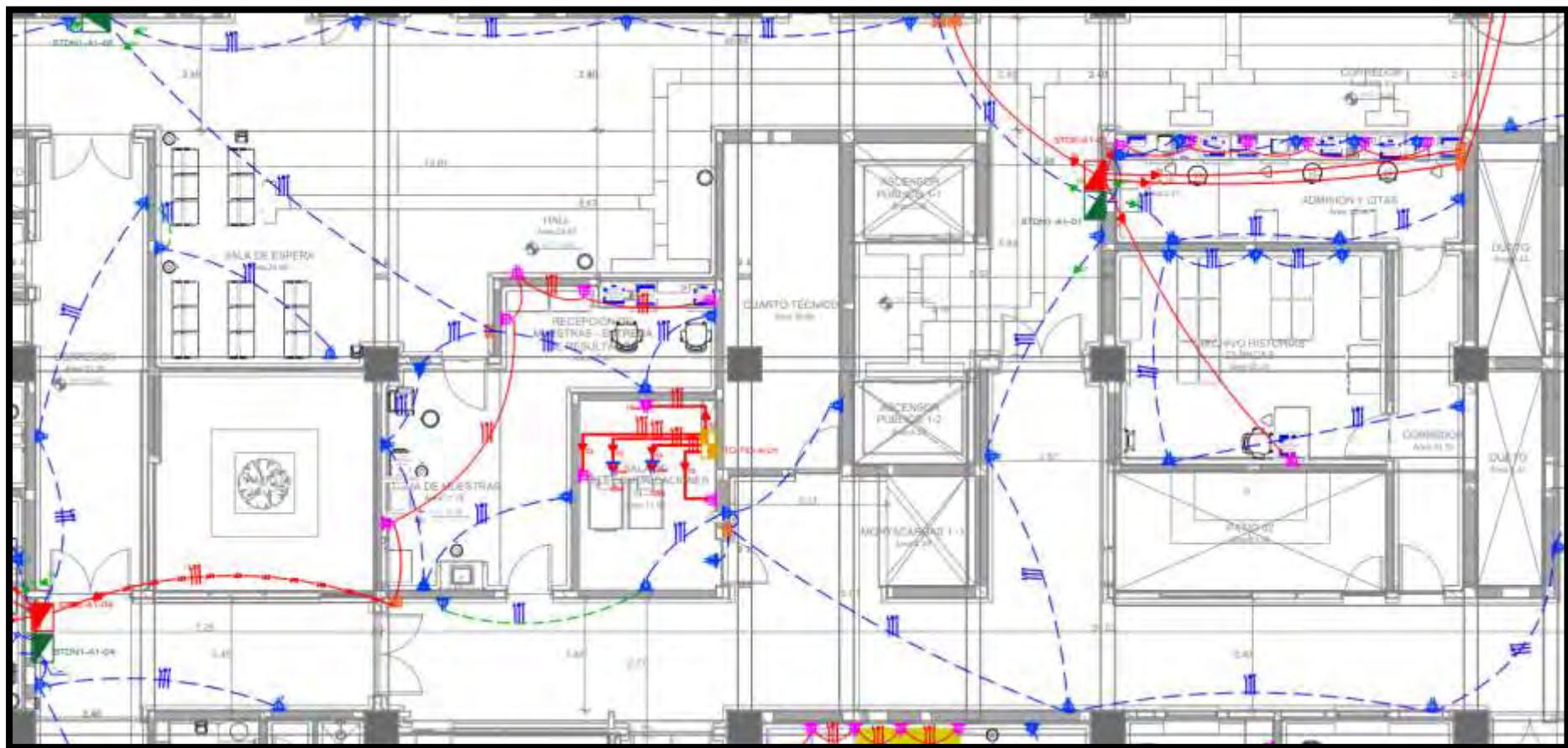
Distribución de luminarias y canalizaciones eléctricas en el Primer Nivel



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11

Distribución de tomascorrientes y canalizaciones eléctricas en el Primer Nivel



Fuente: Elaboración Propia

La figura 11 detalla la ubicación y tipo de tomacorrientes instalados: el sistema normal (azul) y el sistema estabilizado (rojo). La distribución responde a las necesidades de los equipos conectados: los tomacorrientes normales se destinan a usos generales (ofimática, ventilación, mantenimiento), mientras que los estabilizados están reservados para equipos biomédicos, TICs y sistemas críticos, al estar conectados a fuentes de energía ininterrumpida (UPS). Las canalizaciones siguen rutas diferenciadas, con puntos de conexión claramente definidos. Se prioriza la accesibilidad, señalización, y protección mecánica adecuada mediante tuberías normadas y cajas de registro. Además, se incluyen protecciones diferenciales y conexión equipotencial para mitigar riesgos eléctricos y garantizar seguridad al personal y pacientes.

3.4.1. Instalaciones eléctricas en el segundo Nivel

El segundo nivel del Hospital II-1 alberga principalmente las áreas de nutrición, dietética, almacenamiento y servicios logísticos, por lo que su diseño eléctrico está orientado a garantizar el suministro constante de energía a equipos de conservación de alimentos, cocción, refrigeración, sistemas de ventilación, iluminación técnica y servicios administrativos. El diseño responde a las normativas del Código Nacional de Electricidad (CNE), a las recomendaciones técnicas de seguridad en ambientes hospitalarios, y a los criterios de funcionalidad establecidos por la Dirección General de Infraestructura del MINSA. De manera general, el trazado completo de las instalaciones eléctricas del segundo nivel puede apreciarse en el Anexo N.^o 2, el cual contiene los planos correspondientes a la Figura 13 (luminarias), donde se detalla gráficamente el diseño, distribución y conexionado.

En la Figura 12 se representa el sistema de alimentación eléctrica mediante alimentadores principales, los cuales conectan los tableros de distribución secundarios (TDN2-E-02, TDN2-E-03, etc.) con los ambientes operativos del segundo nivel. Se identifican rutas canalizadas con conductores trifásicos tipo N2XH (0,6/1kV), apropiados para ambientes hospitalarios debido a su bajo nivel de emisión de gases tóxicos. Los alimentadores están

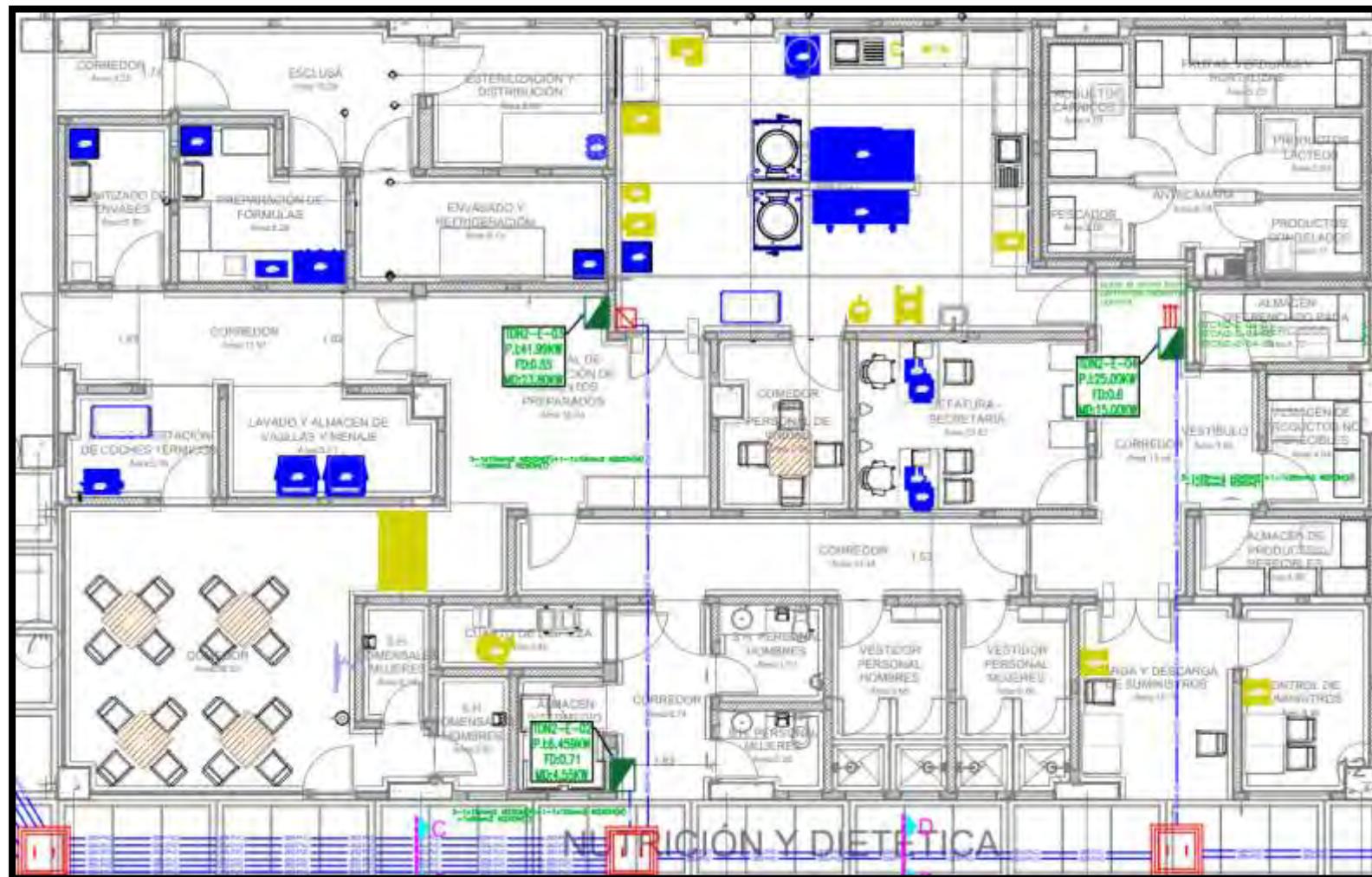
organizados por zonas: por ejemplo, un alimentador específico se destina al área de preparación y cocción de alimentos, otro a las oficinas administrativas, y otros a zonas logísticas como carga, descarga y almacenamiento. Esta segmentación permite realizar mantenimientos sectorizados y asegurar continuidad de servicio ante fallas parciales. El plano muestra también la potencia demandada (en kW), el factor de demanda (FD) y el modo de distribución eléctrica, lo cual facilita el dimensionamiento y control de cargas.

La Figura 13 presenta la disposición de las luminarias en los distintos ambientes del segundo nivel, diferenciando artefactos de uso general y luminarias de emergencia. En zonas técnicas como esterilización, envasado y lavado, se instalan luminarias estancas IP65 resistentes a humedad, mientras que en oficinas y áreas comunes se utilizan luminarias LED empotradas para garantizar confort y eficiencia energética. El sistema de canalización eléctrica se realiza mediante tuberías EMT y bandejas, claramente indicadas con trazos en verde en el plano. Además, se han considerado puntos de control por ambiente y agrupamiento de luminarias para facilitar la gestión del sistema desde los tableros de iluminación. Se cumple con los niveles mínimos de iluminancia requeridos en función de la actividad que se realiza en cada ambiente, asegurando así la funcionalidad operativa y la seguridad del personal.

En la Figura 14 se muestra la ubicación de los tomacorrientes normales (color azul) y estabilizados (color rojo), distribuidos de acuerdo a las necesidades específicas de cada ambiente. En áreas de preparación, cocción, refrigeración y lavado, se incorporan tomacorrientes estabilizados destinados a equipos que requieren protección ante variaciones de voltaje, como hornos, refrigeradoras y autoclaves. En oficinas, vestuarios y comedores, los tomacorrientes normales se colocan en puntos estratégicos para facilitar el uso de equipos administrativos y de confort. Las canalizaciones están claramente trazadas, con derivaciones seguras y acceso a cajas de registro para inspección.

Figura 12

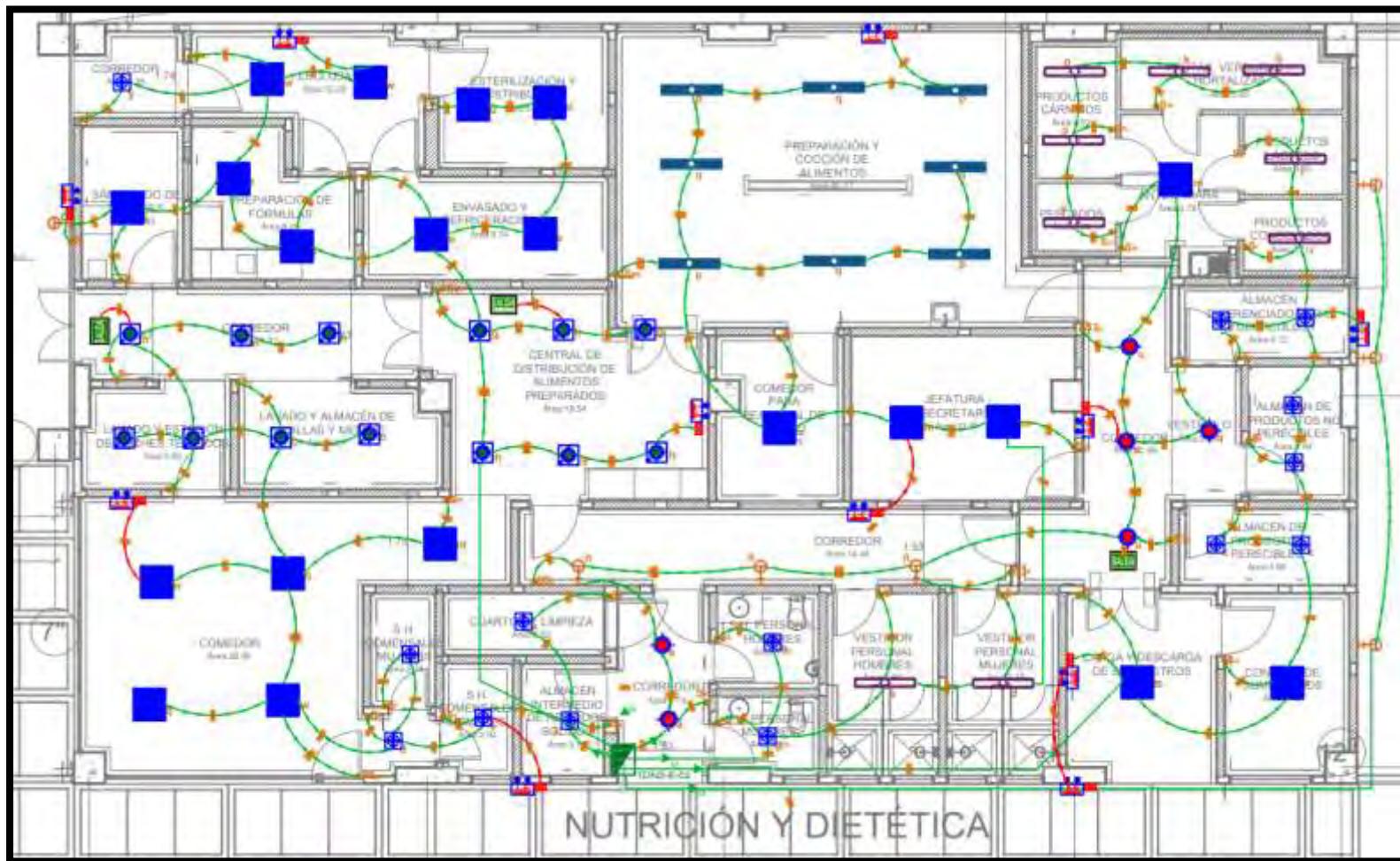
Trazado de alimentadores del segundo nivel del Hospital II-1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13

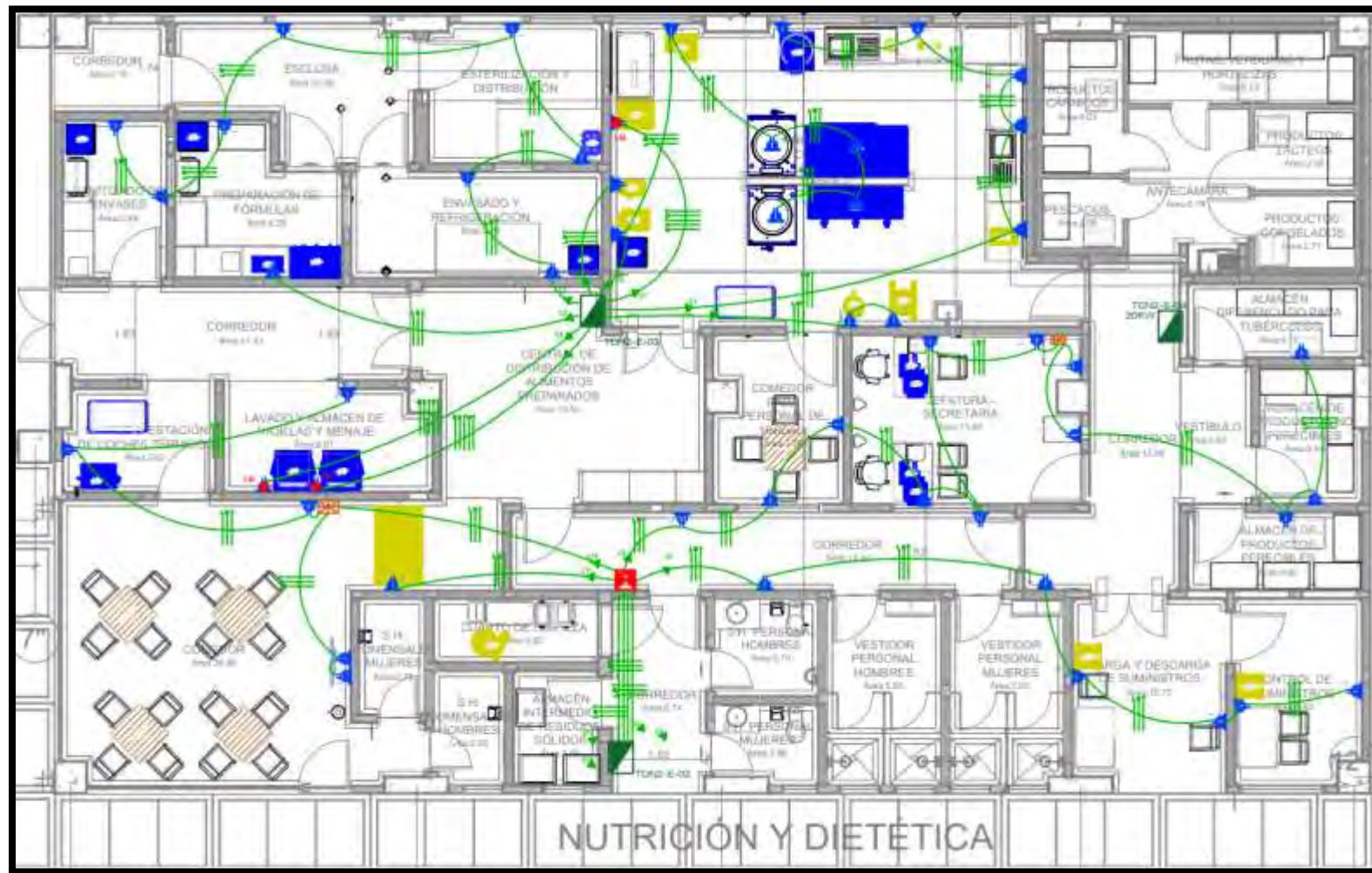
Distribución de luminarias y canalizaciones eléctricas en el segundo nivel



Fuente: Elaboración Propia

Figura 14

Distribución de tomascorrientes y canalizaciones eléctricas en el segundo nivel



Fuente: Elaboración Propia

3.4.1. Instalaciones eléctricas en el tercer Nivel

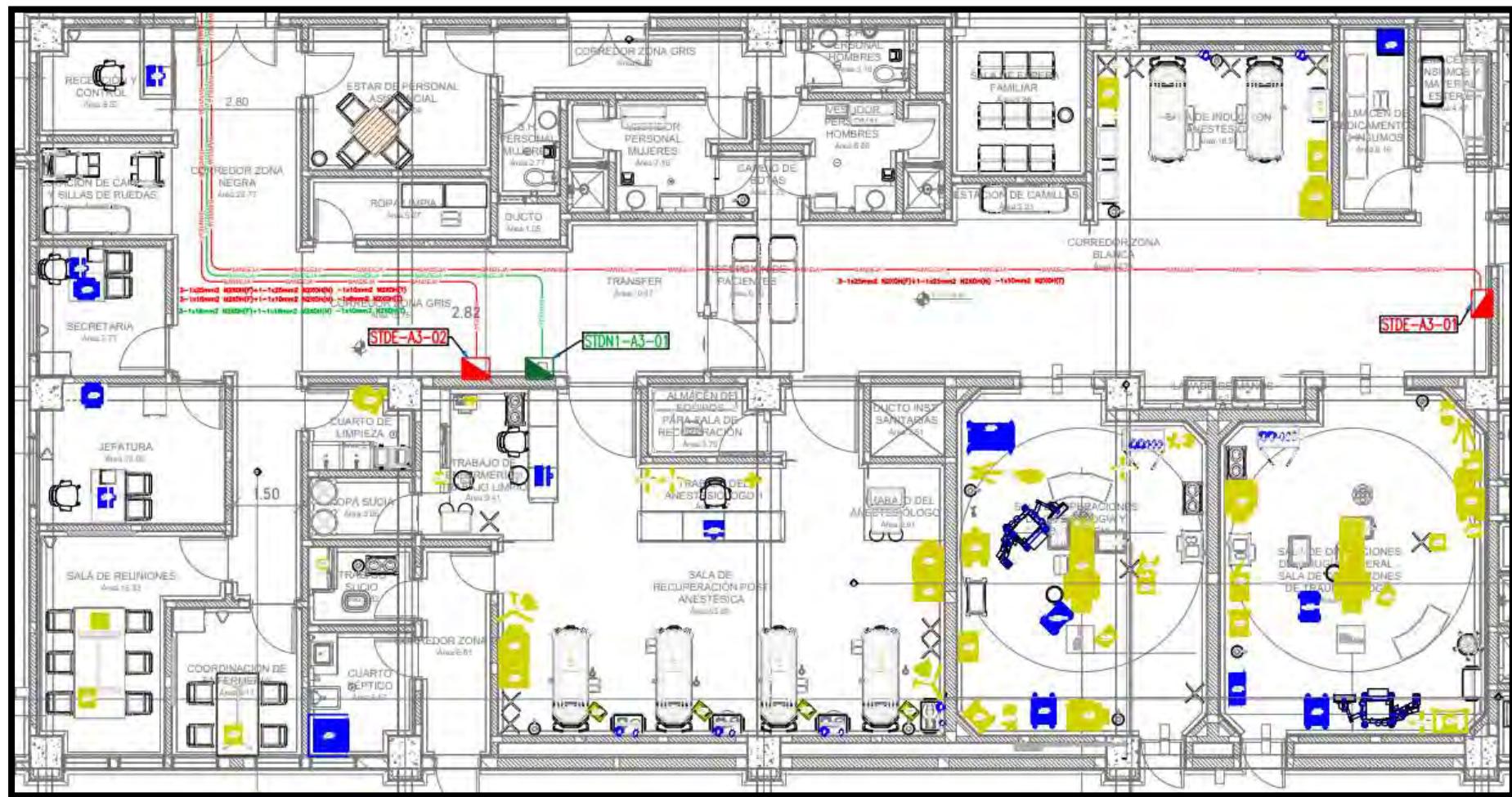
En el tercer nivel del Hospital II-1, las instalaciones eléctricas comprenden el trazado de alimentadores, la disposición de tomacorrientes y el diseño de canalizaciones eléctricas para garantizar una distribución segura y eficiente de la energía. Estas instalaciones están diseñadas considerando la zonificación hospitalaria y la demanda energética de áreas críticas como el centro quirúrgico, la sala de recuperación post anestésica, oficinas administrativas y áreas de soporte técnico y logístico.

En la Figura 15, se representa el trazado de los alimentadores principales y estabilizados, observándose el ingreso desde los tableros principales del nivel inferior (STDE-A3-01 y STD1-A3-01), hacia las áreas como la sala de operaciones, sala de recuperación post anestésica y zonas administrativas, garantizando redundancia y continuidad en el suministro eléctrico, aspecto vital para un entorno hospitalario. Por su parte, en la Figura 15, se detalla la distribución de tomacorrientes y canalizaciones eléctricas, evidenciando el uso de bandejas y tuberías canalizadas para alimentar puestos de trabajo, equipamiento médico, oficinas y mobiliario auxiliar. También se aprecia la diferenciación entre circuitos normales y estabilizados, lo que permite mantener operativos los equipos sensibles ante cortes o fluctuaciones eléctricas.

De forma general, el conjunto de instalaciones del tercer nivel forma parte del plano general de instalaciones eléctricas del Hospital II-1, el cual puede ser visualizado en su totalidad en el Anexo N.^o 3.

Figura 15

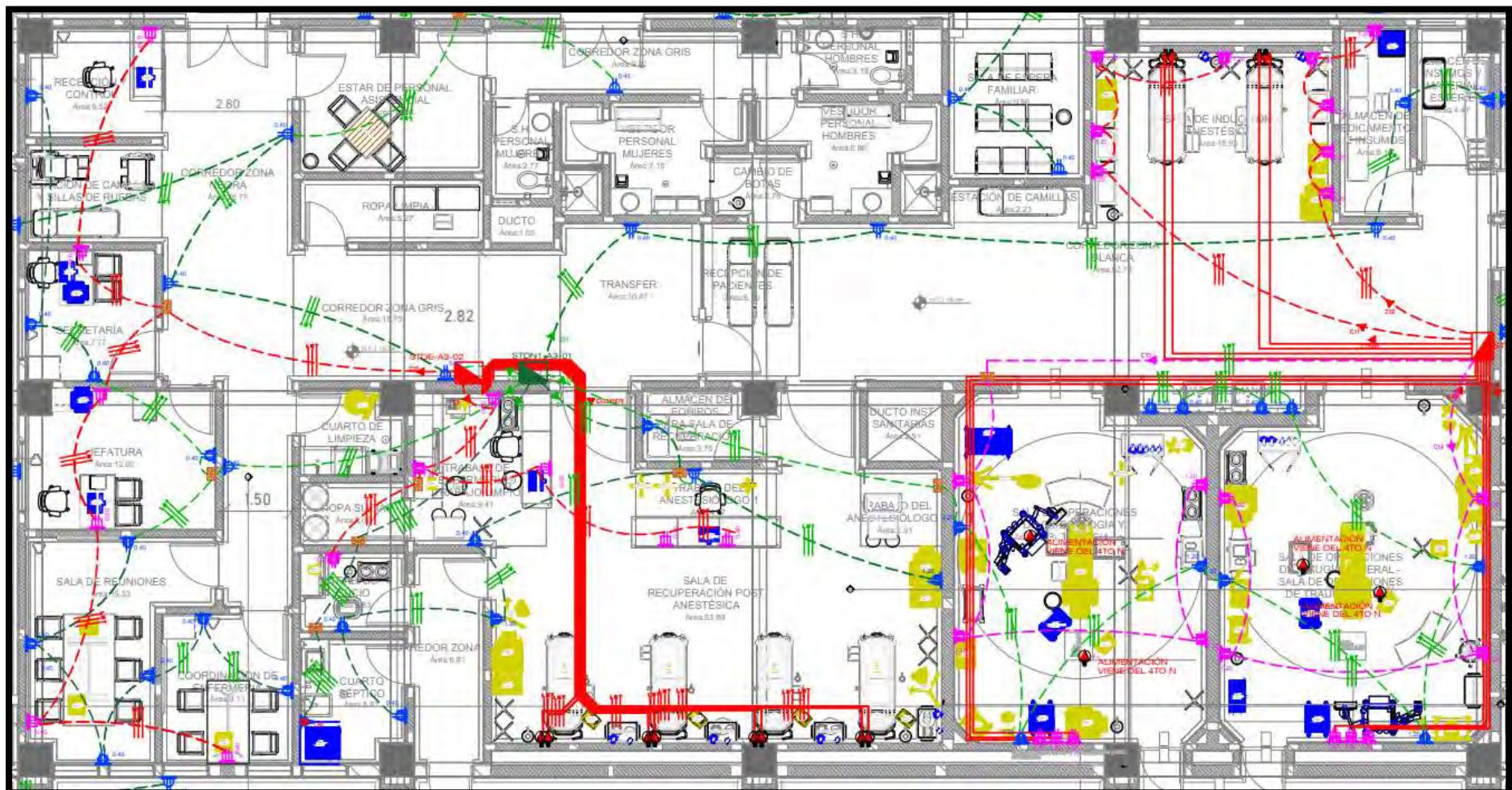
Trazado de alimentadores del tercer nivel del Hospital II-1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 16

Distribución de tomacorrientes y canalizaciones eléctricas en el tercer nivel



Fuente: Elaboración Propia

3.4.1. Instalaciones eléctricas en el cuarto Nivel

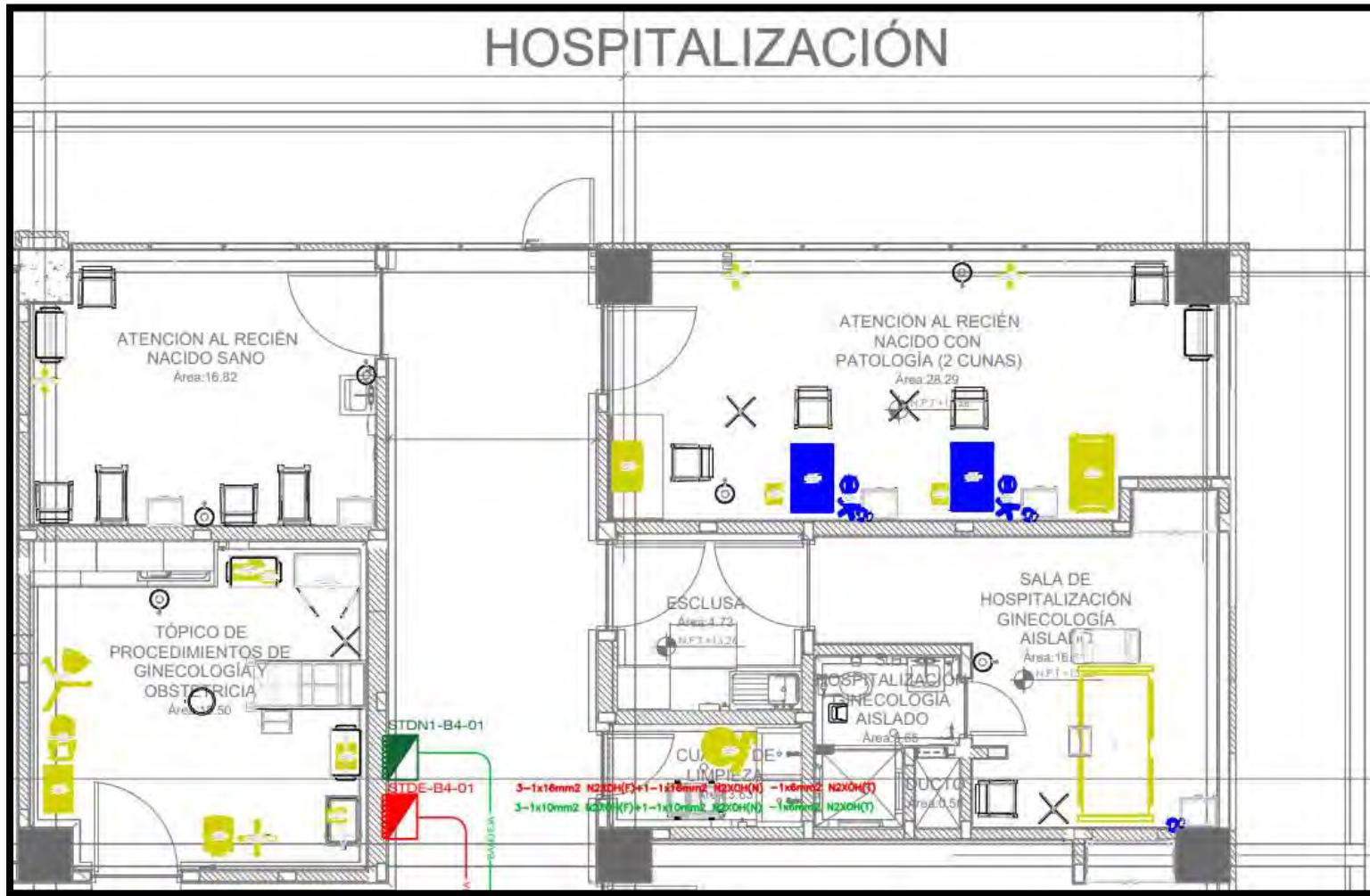
En el cuarto nivel del Hospital II-1, correspondiente al área de hospitalización materno-neonatal, se implementa un sistema eléctrico que responde a los estándares establecidos por el Reglamento Nacional de Electricidad (RNE) y las directrices específicas para infraestructura hospitalaria. Este nivel incluye ambientes sensibles como la sala de atención al recién nacido, hospitalización ginecológica, tópicos obstétricos y ambientes de aislamiento, por lo que la continuidad del suministro eléctrico y la seguridad del personal y pacientes constituyen prioridades en el diseño.

El conjunto completo de instalaciones eléctricas del cuarto nivel puede visualizarse en el Anexo N.^o 4, que integra las representaciones gráficas de los alimentadores (Figura 17), luminarias (Figura 18) y tomacorrientes (Figura 19).

En la Figura 17 se muestra el esquema de alimentación eléctrica desde los tableros secundarios STDE-B4-01 (circuito estabilizado) y STDN1-B4-01 (circuito normal), los cuales distribuyen energía hacia los diferentes ambientes mediante canalizaciones independientes. Se emplean conductores de cobre tipo N2XOH con aislamiento libre de halógenos, adecuados para zonas hospitalarias por su comportamiento ante el fuego. Las rutas están organizadas por ambientes funcionales y permiten la desconexión sectorizada ante mantenimientos o emergencias, lo cual incrementa la confiabilidad del sistema. Este diseño garantiza que áreas críticas como la atención neonatal con patología, hospitalización ginecológica y los ambientes aislados dispongan de una alimentación eléctrica continua y diferenciada, separando cargas críticas de las no críticas. Así se minimizan interrupciones ante eventuales fallos del sistema.

La Figura 18 representa la ubicación de las luminarias de techo, orientadas para cumplir con los niveles mínimos de iluminancia requeridos en ambientes hospitalarios según la Norma Técnica Peruana y recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Las luminarias LED son empotrables y de bajo consumo, lo que permite reducir la carga instalada sin comprometer la visibilidad en ambientes clínicos. Se han instalado luminarias de emergencia en ambientes como el tópico, la sala de hospitalización aislada y la atención neonatal, con alimentación autónoma o a través de circuito estabilizado. Las canalizaciones eléctricas para estas luminarias se realizan mediante tuberías EMT, visibles o empotradas según el tipo de recinto, y conectadas mediante puntos de derivación accesibles para inspección y mantenimiento.

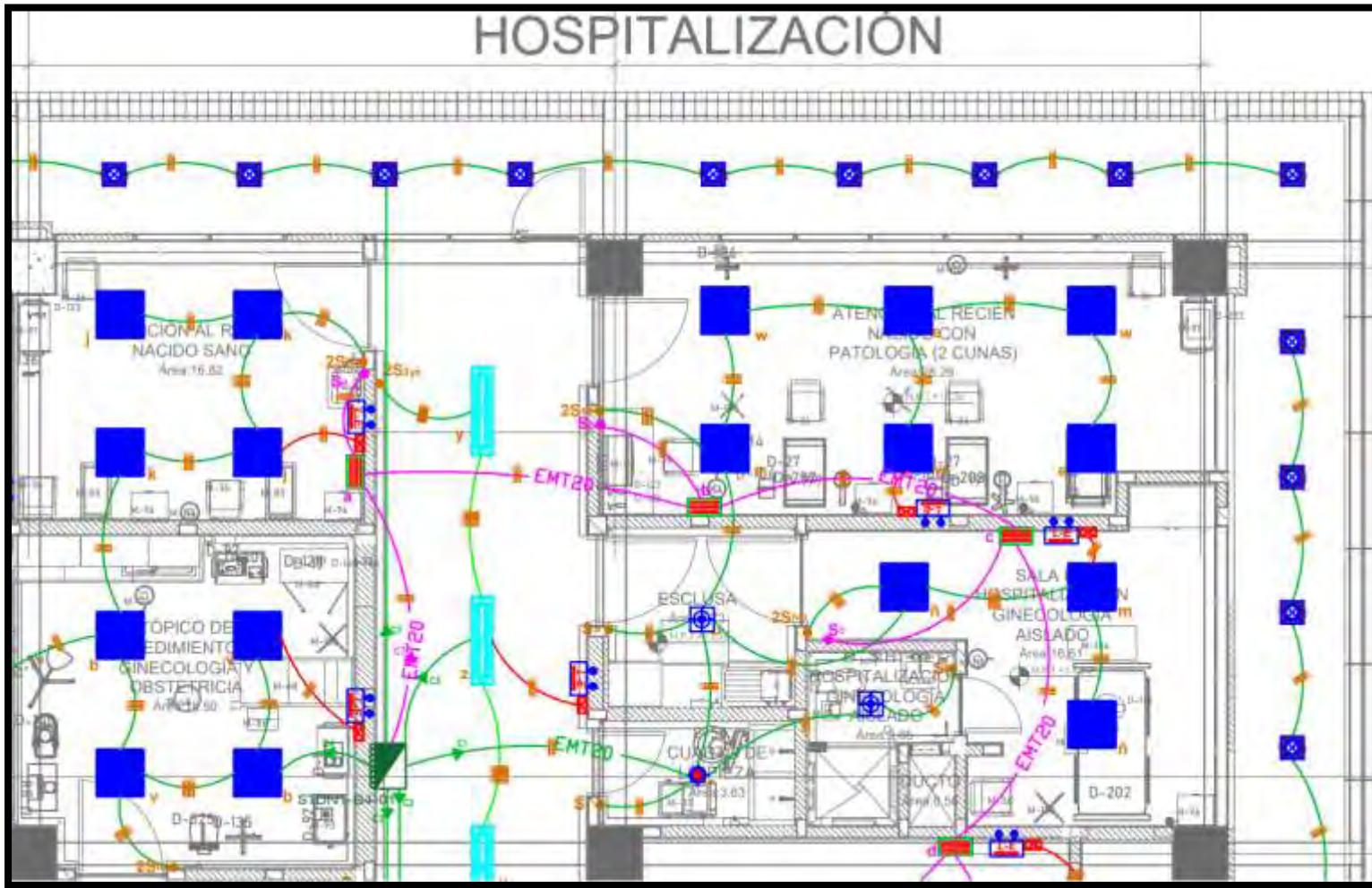
En la Figura 19 se ilustra la ubicación y clasificación de los tomacorrientes, diferenciando entre los de uso general y los estabilizados, estos últimos utilizados para alimentar equipos médicos como incubadoras, monitores fetales o unidades de fototerapia. La selección y distribución de tomas responde a un análisis funcional de la demanda eléctrica de cada ambiente, considerando la densidad de equipos y la necesidad de accesibilidad segura. Las canalizaciones se desarrollan mediante bandejas portacables y tuberías adecuadas al tipo de muro o cielo raso, priorizando rutas libres de interferencias con instalaciones sanitarias o de gases medicinales. Además, se contemplan protecciones diferenciales, puesta a tierra en todos los tomacorrientes y señalización normativa, con el objetivo de evitar riesgos eléctricos para el personal clínico y los pacientes.

Figura 17*Trazado de alimentadores del cuarto nivel del Hospital II-1*

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18

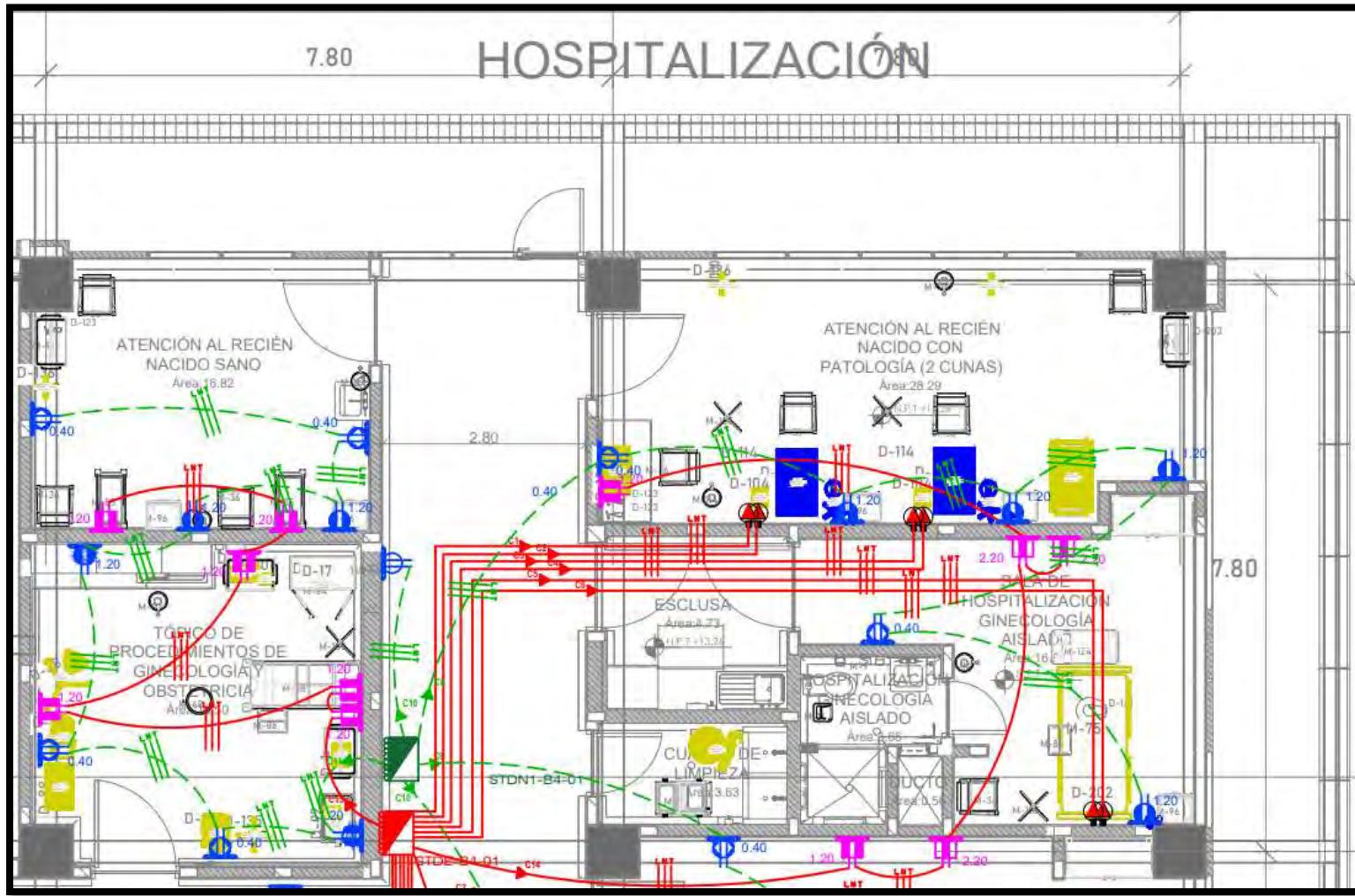
Distribución de luminarias y canalizaciones eléctricas en el Cuarto Nivel



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19

Distribución de tomascorrientes y canalizaciones eléctricas en el cuarto nivel



Fuente: Elaboración Propia

3.5. Análisis de la influencia económica en la etapa de planificación

La etapa de planificación en un proyecto de infraestructura hospitalaria representa una fase crítica en la que se definen los lineamientos técnicos, constructivos y económicos que guiarán la ejecución del proyecto. Una correcta planificación permite no solo prever costos, sino también identificar los ítems que concentran mayor carga presupuestal, lo cual es fundamental para la toma de decisiones, la asignación eficiente de recursos y el control financiero a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

En el caso del Hospital Santo Tomás, la planificación técnica ha estado directamente condicionada por las exigencias funcionales del establecimiento, considerando áreas especializadas como arquitectura hospitalaria, instalaciones electromecánicas, urbanización, equipamiento médico e instalaciones de servicios generales.

Tabla 9

Detalle de Partidas Presupuestales por Ítem - Proyecto Hospital Santo Tomás

Ítem	Descripción	Monto (S.)
OE.1.1.2	INSTALACIONES PROVISIONALES	120,847.98
OE.1.1.7	MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	583,314.77
OE.1.1.9	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	116,345.04
OE.1.2	SEGURIDAD Y SALUD	135,674.43
OE.2.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	8,614,274.13
OE.2.2	OBRAS CONCRETO SIMPLE	297,527.05
OE.2.3.7	COLUMNAS	5,164,116.80
OE.2.3.8	VIGAS	5,708,713.98
OE.2.3.9	LOSAS	7,701,830.87
OE.2.3.9.1	LOSA MACISA	6,046,548.82
OE.2.3.9.2	LOSA DE AISLAMIENTO SÍSMICO	1,417,339.05
OE.2.3.9.3	LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES	70,699.44
OE.2.4	ESTRUCTURAS METÁLICAS	1,352,975.81
OE.2.6	VARIOS	4,115,583.97
OE.3	ARQUITECTURA	17,956,563.73
OE.4	INSTALACIONES SANITARIAS	4,561,625.33
OE.5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6,840,885.83
OE.6	INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS	436,592.98
OE.7	INSTALACIONES DE GAS	471,275.91

OE.8	URBANIZACIÓN	2,067,447.42
OE.9.1	EQUIPAMIENTO MÉDICO	12,603,047.79
OE.9.2	EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL	2,401,981.46
OE.9.3	EQUIPAMIENTO HOSPITALARIO	3,603,675.27
OE.9.4	EQUIPAMIENTO DE LAVANDERÍA	699,931.26
OE.9.5	EQUIPAMIENTO DE COCINA	1,158,992.55
OE.9.6	EQUIPAMIENTO DE LIMPIEZA	153,018.31
OE.9.7	EQUIPAMIENTO DE RESIDUOS	68,158.61
OE.9.8	EQUIPAMIENTO OFIMÁTICO	1,699,198.40
OE.10	ADECUADO SISTEMA ORGANIZACIONAL Y DE GESTIÓN DE SERVICIOS DE SALUD	1,322,528.23

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 10 presenta un desglose de las principales partidas presupuestales del proyecto, clasificadas por códigos de ítem y montos asignados. A partir del análisis de estos datos, se evidencia que los componentes más significativos en términos económicos son los siguientes:

- OE.3 Arquitectura, con un presupuesto de S/ 17,956,563.73, representa uno de los ítems con mayor peso relativo. Este rubro comprende la construcción de ambientes hospitalarios, acabados arquitectónicos y habilitaciones internas, siendo esencial para la funcionalidad operativa del hospital.
- OE.9 Equipamiento Médico y Hospitalario, que en conjunto agrupa subpartidas como OE.9.1 Equipamiento Médico (S/ 12,603,047.79), OE.9.3 Equipamiento Hospitalario (S/ 3,603,675.27) y otros ítems complementarios, representa un eje clave para garantizar que el establecimiento cuente con tecnología adecuada desde su apertura.
- OE.2 Estructuras, específicamente subpartidas como OE.2.3.7 Columnas (S/ 5,164,116.80), OE.2.3.8 Vigas (S/ 5,708,713.98) y OE.2.3.9 Losas (S/ 7,701,830.87), reflejan la magnitud de la inversión en obras de concreto armado, lo que destaca la importancia del diseño estructural y su influencia en el costo global del proyecto.

Asimismo, partidas como OE.5 Instalaciones Eléctricas (S/ 6,840,885.83) y OE.4 Instalaciones Sanitarias (S/ 4,561,625.33) muestran que los sistemas de infraestructura interna constituyen un componente fundamental no solo desde lo técnico, sino también desde lo económico, impactando directamente en la viabilidad constructiva.

Otros ítems relevantes incluyen:

- **OE.2.1 Movimiento de Tierras:** S/ 8,614,274.13
- **OE.6 Instalaciones Electromecánicas:** S/ 436,592.98
- **OE.8 Urbanización:** S/ 2,067,447.42
- **OE.10 Sistema Organizacional y de Gestión:** S/ 1,322,528.23

CAPÍTULO IV

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta la identificación y evaluación de las interferencias detectadas en el diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás. Se describe el proceso realizado mediante la metodología BIM, detallando los conflictos encontrados entre las instalaciones eléctricas y las demás especialidades del proyecto, así como su análisis para proponer las soluciones correspondientes. También se incluye la clasificación de las interferencias, su ubicación y la cantidad detectada, con el fin de evaluar su impacto en el desarrollo del diseño y la planificación de la obra.

4.2. Interferencias Primer nivel

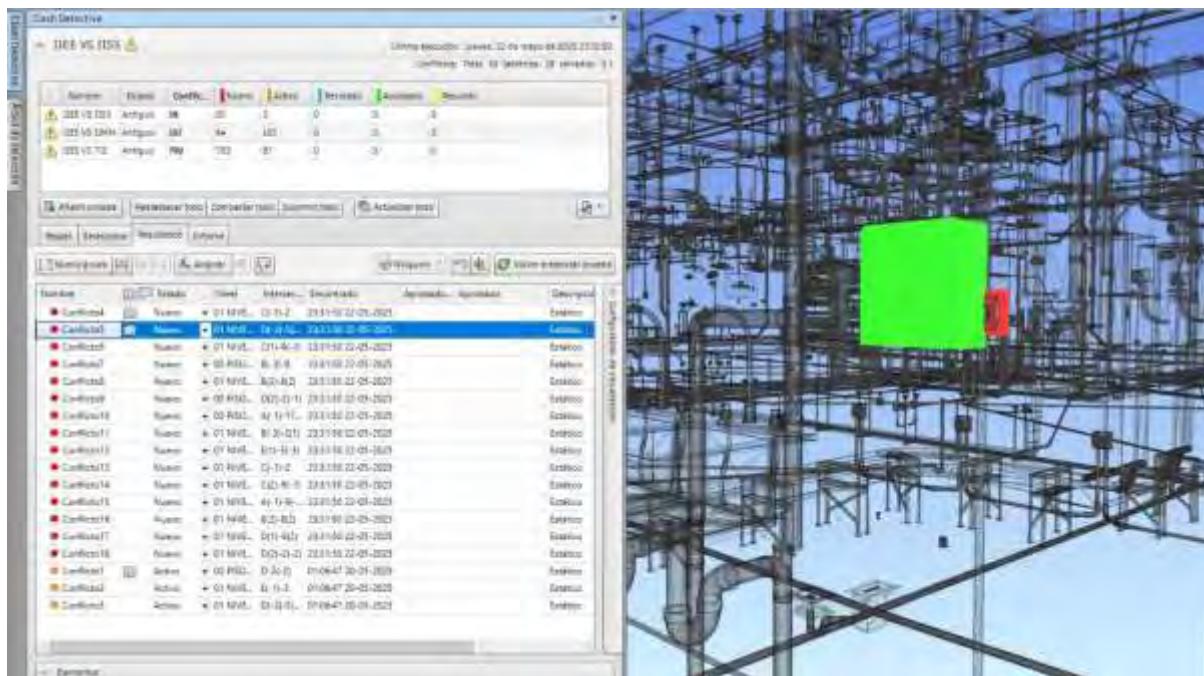
4.2.1. Interferencias de Primer nivel con instalaciones sanitarias

En la revisión con Navisworks Manage se identificó el conflicto 05 grave entre instalaciones eléctricas y sanitarias en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás, correspondiente a la superposición de un tomacorriente con un dispensador de jabón. Este conflicto no solo implica un error de diseño, sino que representa un riesgo crítico para la seguridad eléctrica y la salud de los usuarios. El Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización) establece que los tomacorrientes deben instalarse en lugares seguros, evitando la proximidad a zonas húmedas o de salpicadura directa, como lavaderos y dispensadores, para prevenir accidentes por contacto eléctrico o cortocircuitos. A su vez, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias) especifica que los dispensadores deben ubicarse en lugares accesibles, libres de interferencias físicas que puedan dificultar su uso o exponer a los usuarios a riesgos.

Este tipo de interferencia evidencia la necesidad de aplicar la metodología BIM en etapa de diseño, ya que mediante el modelado tridimensional y la detección de conflictos (clash detection) es posible anticipar y corregir errores que, de ejecutarse en obra, generarían modificaciones costosas, paralizaciones y posibles incumplimientos normativos.

Figura 20

Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 05 Grave



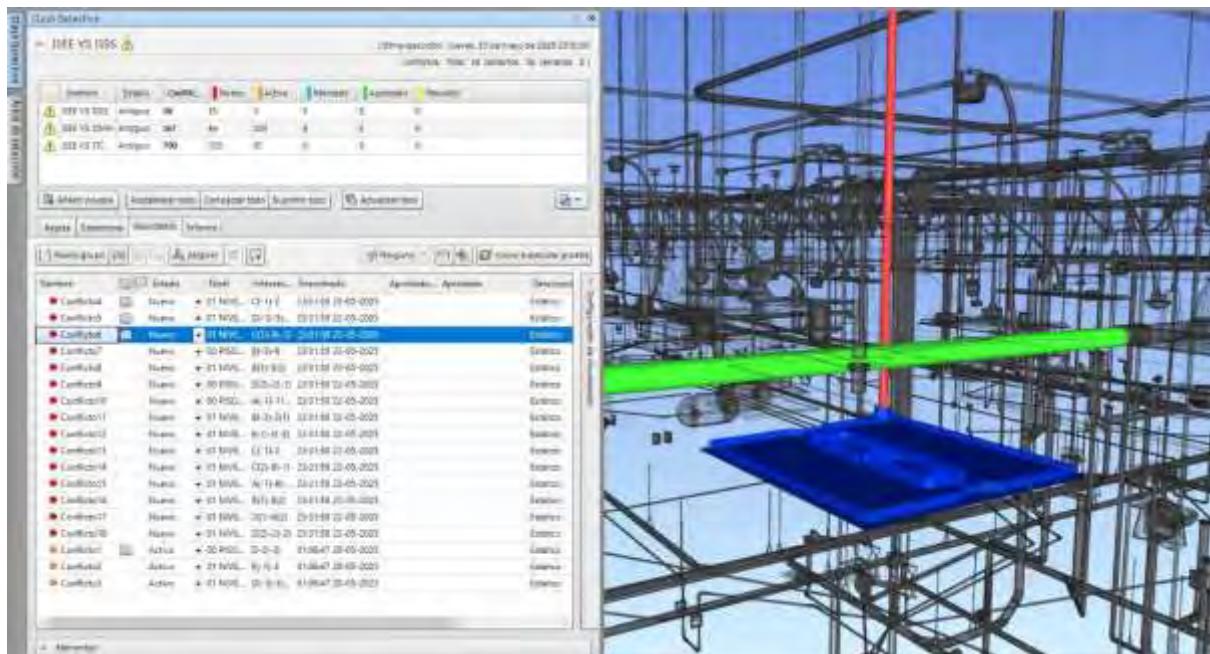
Fuente: Elaboración Propia

En la revisión con Navisworks Manage se identificó el conflicto 06 grave en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás, correspondiente a la intersección de una tubería de desagüe con la tubería eléctrica que baja hacia la luminaria. Este tipo de interferencia representa un riesgo crítico para la integridad del sistema eléctrico, la estructura sanitaria y la seguridad de los usuarios. Según el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), las instalaciones eléctricas deben estar físicamente separadas de tuberías sanitarias para evitar riesgos de fugas que puedan generar cortocircuitos o deterioro del cableado. Además, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias) exige que las tuberías de desagüe mantengan

recorridos libres de interferencias que puedan comprometer su pendiente, funcionamiento y mantenimiento.

Figura 21

Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 06 Grave

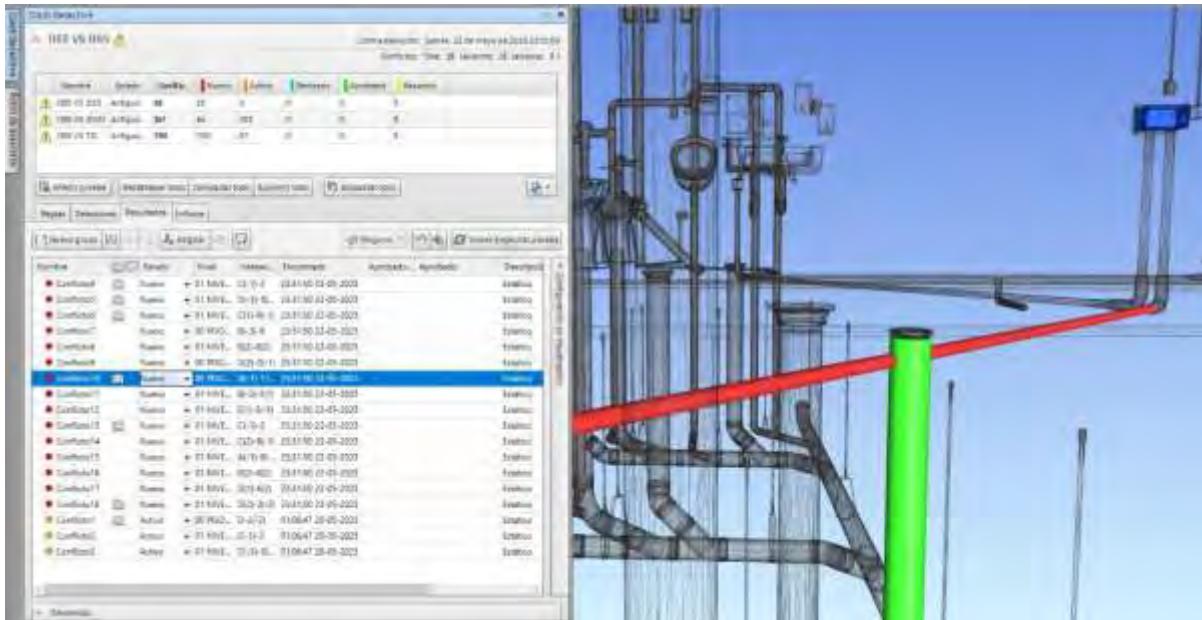


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 10 grave evidencia la intersección de la tubería de sumidero de desagüe (verde) con la tubería eléctrica que alimenta tomacorrientes en piso (rojo) en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta situación genera un riesgo técnico y operativo, pues la cercanía de sistemas sanitarios y eléctricos puede ocasionar filtraciones que deterioren el aislamiento, generen cortocircuitos y afecten la continuidad del servicio eléctrico. Dicha interferencia contraviene las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que establece la separación física entre sistemas para prevenir riesgos eléctricos, y del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), que exige trayectorias sanitarias libres de obstrucciones o cruces con otras especialidades que afecten su funcionalidad y mantenimiento.

Figura 22

Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 10 Grave

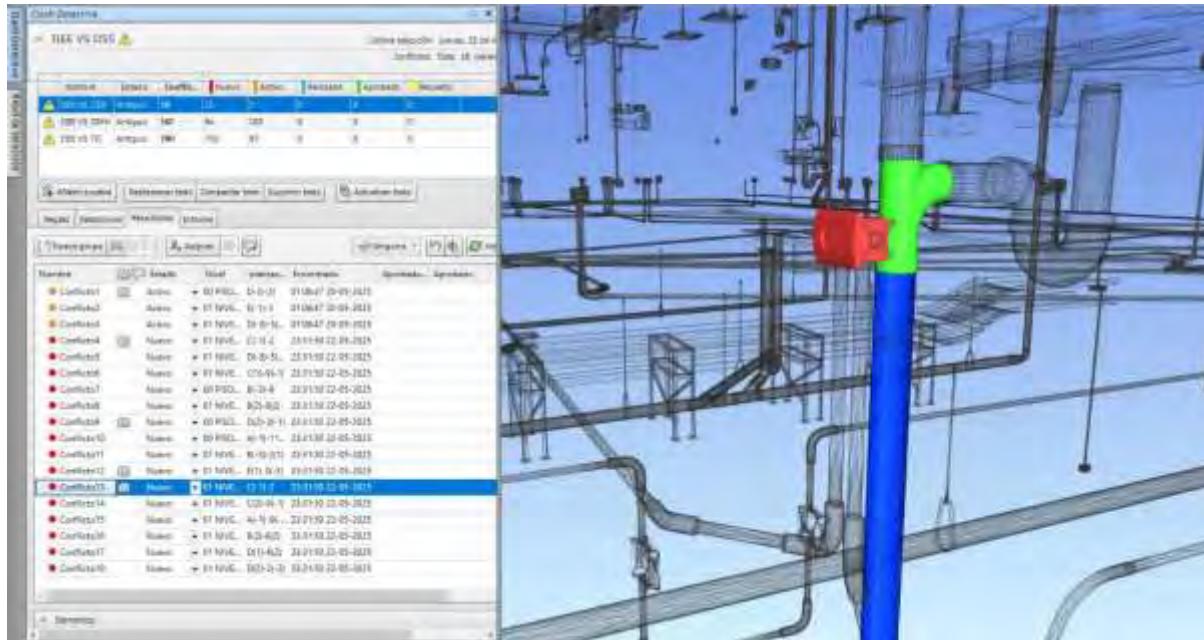


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 13 grave evidencia la sobreposición de un tomacorriente (rojo) con el montante de desagüe en tubería de 2" (verde y azul) ubicado en pared en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia representa un riesgo técnico y de seguridad, ya que la instalación eléctrica queda expuesta a posibles filtraciones provenientes del sistema sanitario, lo que podría ocasionar cortocircuitos, daños en los circuitos eléctricos y comprometer la operatividad de los ambientes hospitalarios. Además, esta situación vulnera las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que prohíbe la instalación de tomacorrientes junto a tuberías sanitarias para evitar riesgos eléctricos, y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), que exige diseños constructivos libres de interferencias que afecten la funcionalidad, mantenimiento y seguridad de los sistemas.

Figura 23

Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 13 Grave



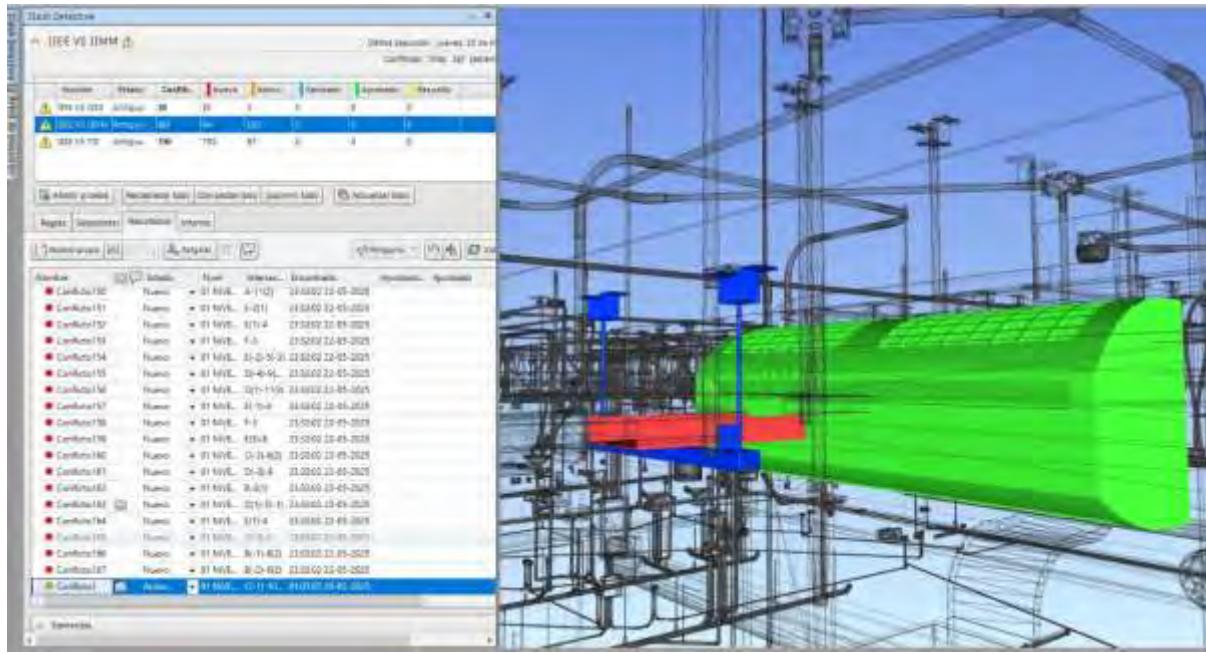
Fuente: Elaboración Propia

4.2.1. Interferencias de Primer nivel con instalaciones mecánicas

El conflicto 01 grave evidencia en el primer nivel la intersección de la bandeja de alimentadores eléctricos (rojo y azul) con la salida de la unidad de aire acondicionado (verde) ubicada en la sala de comunicaciones. Este cruce representa un problema crítico, ya que afecta directamente al sistema mecánico de climatización, obstruyendo la descarga de aire acondicionado necesaria para mantener la temperatura adecuada de los equipos de comunicaciones. La interferencia compromete la operatividad y eficiencia del sistema HVAC, pudiendo provocar recalentamiento de equipos sensibles, fallas operativas y reducción de su vida útil. Además, contraviene el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización) respecto a la instalación libre de alimentadores eléctricos y las normas de climatización y ventilación del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), que exigen que las salidas de aire estén libres de obstrucciones para garantizar un flujo adecuado y seguro en salas técnicas.

Figura 24

Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 01 Grave

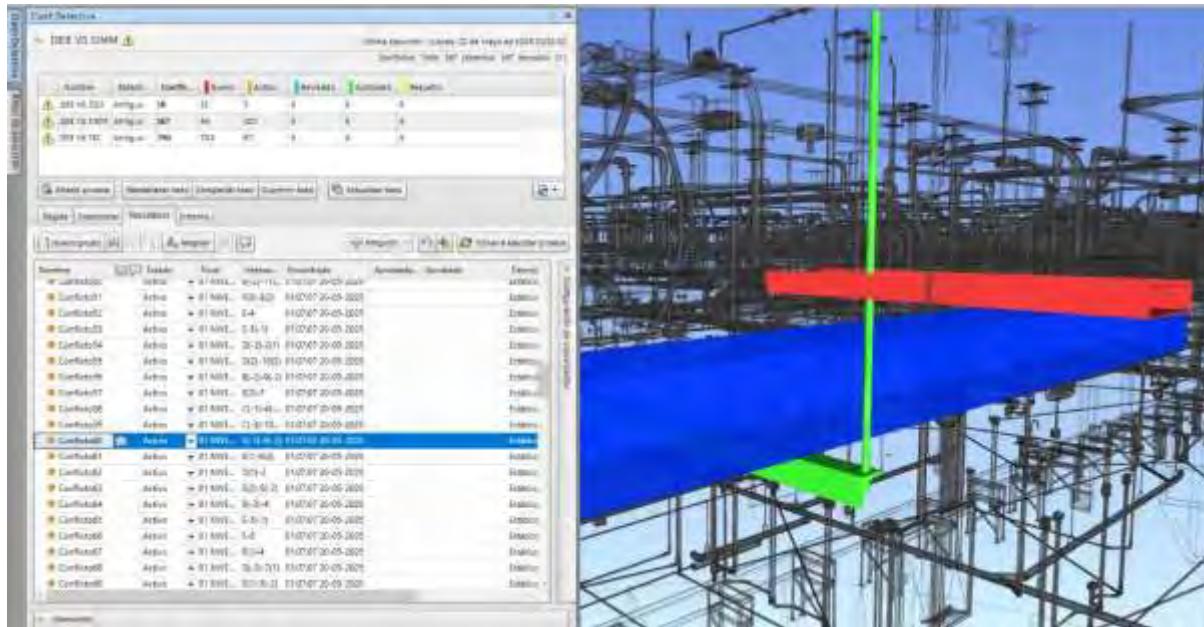


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 60 grave muestra la intersección de la bandeja ranurada de alimentadores eléctricos (rojo) con el soporte a techo del ducto de extracción de aire (verde y azul) en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia evidencia una falta de coordinación en el diseño entre las especialidades eléctrica y mecánica. Desde el punto de vista mecánico, el soporte del ducto de extracción es fundamental para garantizar su estabilidad estructural y correcto funcionamiento en el sistema HVAC. La interferencia con la bandeja eléctrica no solo dificulta la instalación y mantenimiento de ambos sistemas, sino que puede generar vibraciones, desplazamientos no previstos o esfuerzos adicionales sobre los ductos y cables. Además, esta situación contraviene las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige trayectos libres de obstrucciones para canalizaciones eléctricas, y las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas), que requieren soportes estructurales diseñados y colocados sin interferencias para asegurar la funcionalidad y seguridad del sistema de ventilación.

Figura 25

Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 60 Grave

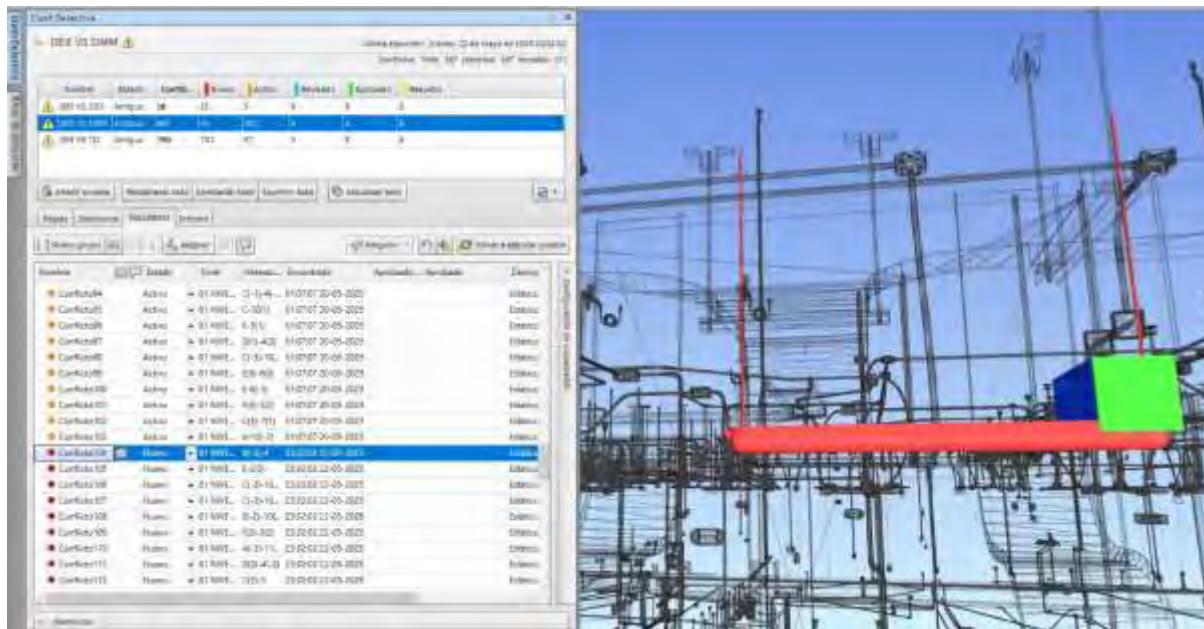


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 104 grave corresponde a la intersección entre una luminaria hermética (verde) y el ducto de extracción de aire (rojo) en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Este cruce se origina por la falta de coordinación en el nivel de instalación entre las especialidades eléctrica y mecánica. Desde el punto de vista mecánico, este problema afecta directamente el sistema de ventilación, ya que obstruye el flujo de aire necesario para la extracción, disminuyendo la eficiencia del sistema HVAC y afectando la calidad del aire interior, un aspecto crítico en áreas hospitalarias. A su vez, la luminaria podría quedar expuesta a vibraciones o condensación proveniente del ducto, comprometiendo su integridad y seguridad eléctrica. Esta interferencia contraviene tanto el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige instalaciones sin obstrucciones ni riesgos por contacto con otras especialidades, como las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas), que requieren trayectorias de ductos libres y funcionales para garantizar ventilación adecuada en espacios cerrados.

Figura 26

Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 104 Grave

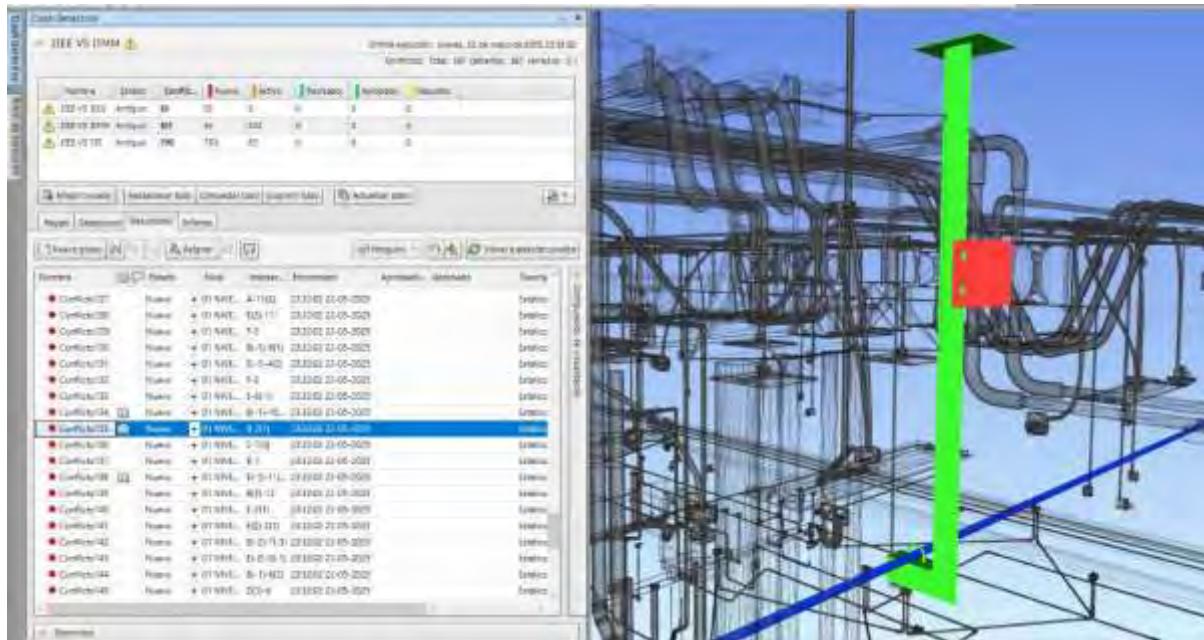


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 135 grave corresponde a la intersección del soporte de tubería (verde) con la caja de paso de instalaciones eléctricas (rojo) en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una falta de coordinación entre los sistemas mecánicos y eléctricos. Desde el enfoque mecánico, la ubicación del soporte sirve para mantener la estabilidad y alineación adecuada de la tubería, garantizando su funcionamiento y seguridad estructural. Sin embargo, su colisión con la caja de paso eléctrica compromete la accesibilidad para mantenimiento, puede dañar la canalización y generar riesgos eléctricos durante la instalación o futuras intervenciones. Además, esta situación no cumple con las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige accesibilidad libre a las cajas de paso y rutas seguras de canalizaciones, ni con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas), que establece la correcta ubicación de soportes sin interferir con otros sistemas constructivos.

Figura 27

Interferencia de Primer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 135 Grave



Fuente: Elaboración Propia

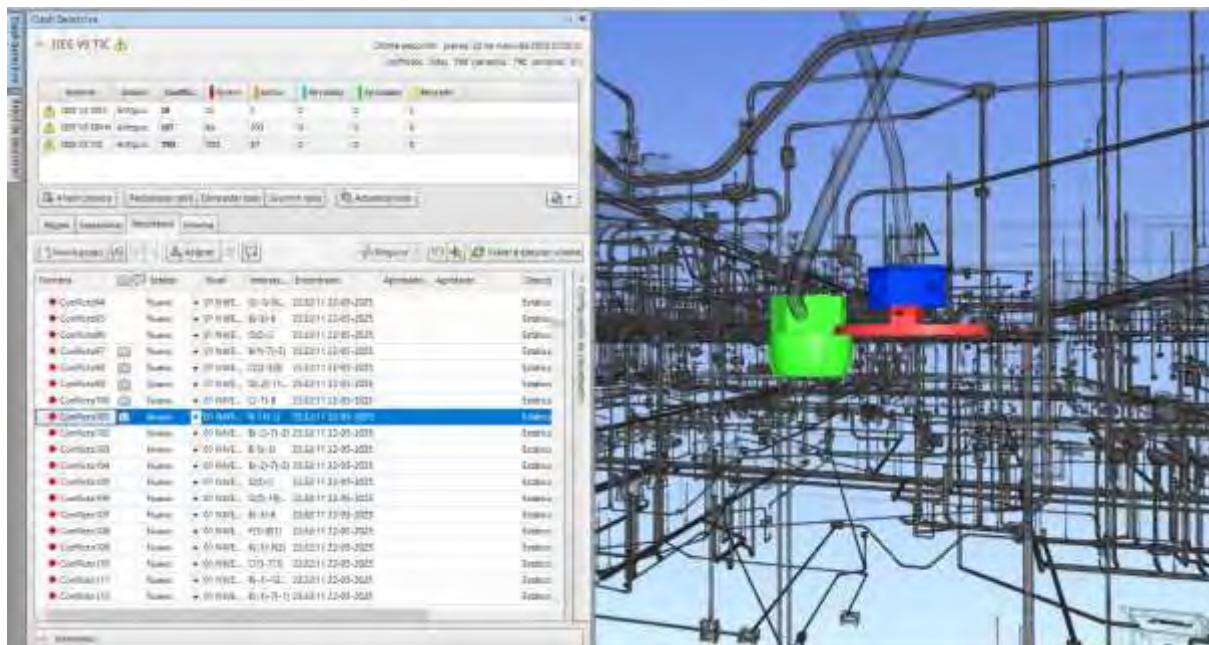
4.2.2. Interferencias de Primer nivel con TIC

El conflicto 101 grave corresponde a la sobreposición entre el sensor de humo direccional (verde) y la luminaria tipo plafón (rojo y azul) en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una falta de coordinación en la ubicación de equipos eléctricos y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). Desde el enfoque TIC y seguridad contra incendios, la normativa y las especificaciones de instalación exigen una distancia mínima de 30 cm entre sensores de humo y luminarias para garantizar la detección adecuada de partículas de combustión sin interferencias de calor o flujo de aire generado por los equipos de iluminación. La sobreposición compromete la efectividad del sistema de detección temprana de incendios, exponiendo a los usuarios y las instalaciones a riesgos ante emergencias. Además, esta situación contraviene el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización) en lo referente a la instalación segura de equipos eléctricos y el Reglamento

Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Eléctricas y Seguridad), que establece criterios claros de ubicación para sistemas de detección y alerta.

Figura 28

Interferencia de Primer Nivel con TIC-conflicto 101 Grave



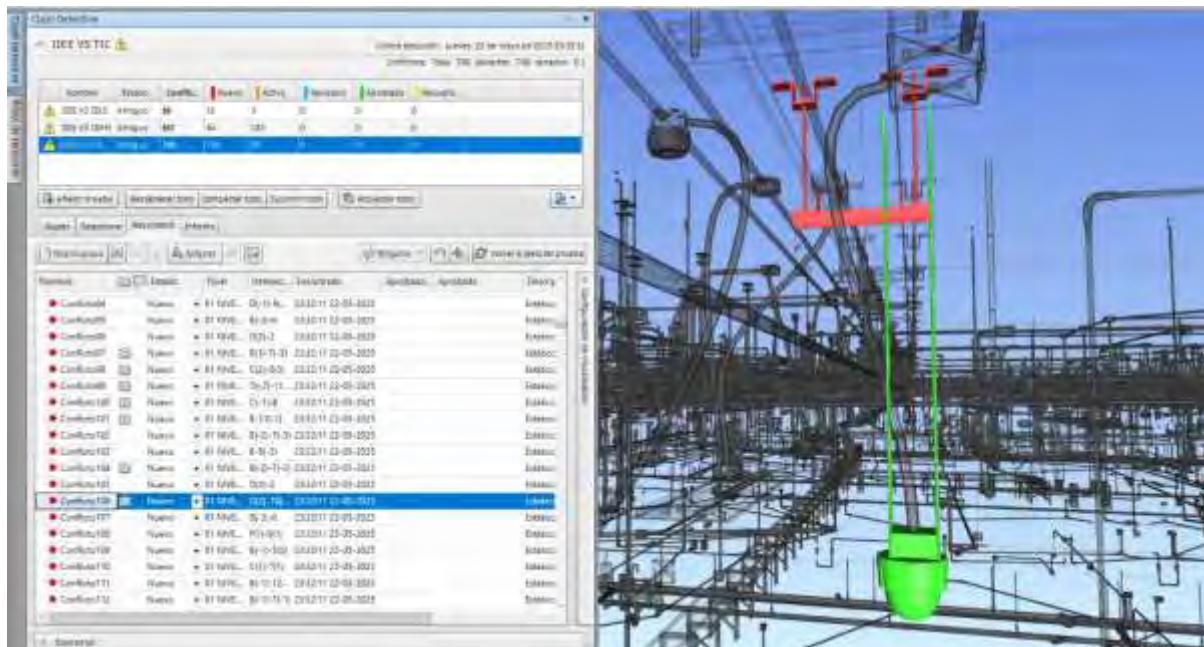
Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 106 grave corresponde a la sobreposición de la suspensión de una cámara tipo domo (verde) con el soporte a techo de bandejas de alimentadores eléctricos (rojo) en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una deficiencia de coordinación en el diseño entre las especialidades de electricidad y tecnologías de la información y comunicación (TIC). Desde el enfoque TIC y seguridad electrónica, la cámara tipo domo requiere un espacio libre alrededor de su punto de instalación para garantizar su campo visual completo y un mantenimiento adecuado. La interferencia con el soporte eléctrico limita su ángulo de visión, dificulta las inspecciones técnicas y genera riesgo de contacto con elementos energizados durante la instalación o mantenimiento, afectando la seguridad del personal y el correcto funcionamiento del sistema de videovigilancia. Además, esta situación

contraviene los lineamientos del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización) respecto a la instalación de soportes y bandejas sin interferencias y las normas de instalación de sistemas CCTV y seguridad electrónica que exigen ubicaciones seguras, accesibles y funcionales para equipos de monitoreo.

Figura 29

Interferencia de Primer Nivel con TIC-conflicto 106 Grave



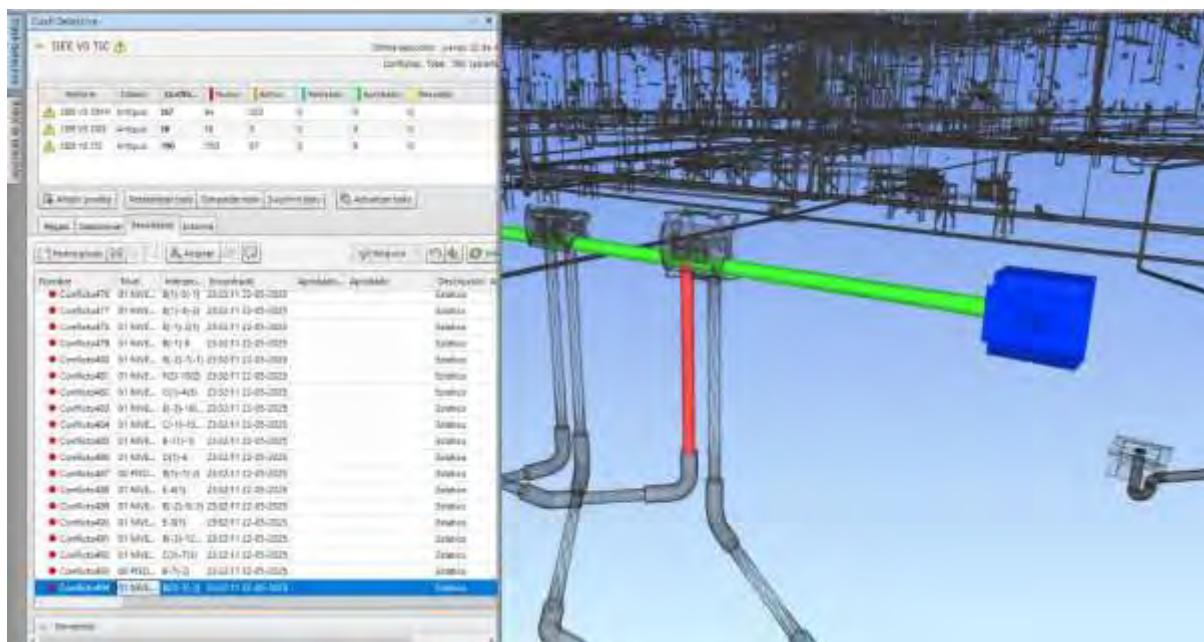
Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 494 grave corresponde a la sobreposición de la tubería de salida de data (verde) con la salida de tomacorriente en pared a 40 cm de altura (rojo y azul) en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una falta de coordinación entre las instalaciones eléctricas y las de tecnologías de la información y comunicación (TIC). Desde el enfoque TIC y eléctrico, la cercanía o cruce de canalizaciones de data con circuitos eléctricos puede generar interferencias electromagnéticas, afectando la calidad de la transmisión de datos, además de dificultar el mantenimiento y el acceso a ambos sistemas. La normativa de telecomunicaciones exige rutas independientes para canalizaciones de voz y datos respecto a las eléctricas, mientras que el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización)

establece la separación física mínima necesaria para evitar interferencias y riesgos de contacto accidental. Esta situación también contraviene las normas TIA/EIA 568 y 569, que definen distancias, alturas y rutas diferenciadas para cableado estructurado y canalizaciones eléctricas, garantizando así el desempeño y seguridad de ambos sistemas en edificaciones hospitalarias.

Figura 30

Interferencia de Primer Nivel con TIC-conflicto 494 Grave



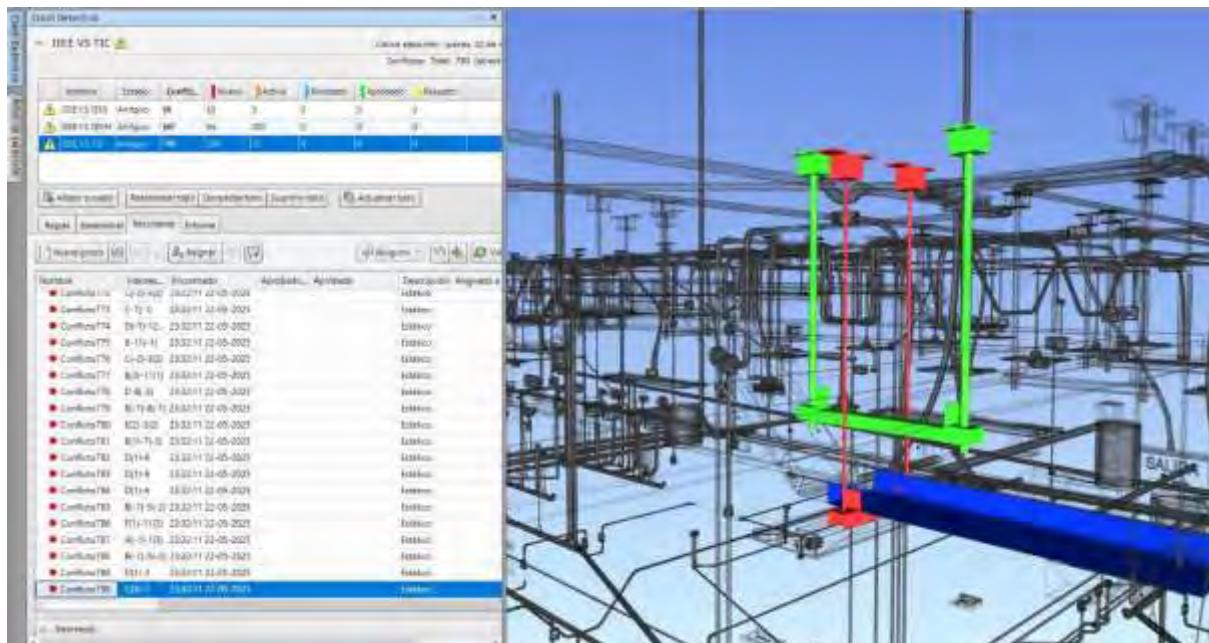
Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 790 grave evidencia la sobreposición del soporte a techo de la bandeja de comunicaciones (verde) con el soporte a techo de las bandejas de alimentadores eléctricos (rojo) en el primer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia revela una deficiencia de coordinación en el diseño entre las especialidades de electricidad y tecnologías de la información y comunicación (TIC). Desde el enfoque TIC, los soportes de bandejas de comunicaciones deben ubicarse en trayectorias libres de interferencias estructurales o eléctricas para garantizar la correcta instalación de cables de datos y comunicaciones, evitando tensiones, desviaciones o riesgos de interferencia electromagnética. Además, la colisión con soportes

eléctricos limita los espacios de mantenimiento y genera posibles riesgos eléctricos para el personal técnico durante la instalación o inspección de los sistemas de comunicaciones. Esta situación contraviene tanto las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige instalaciones eléctricas libres de obstrucciones y con acceso seguro, como las normas de infraestructura de telecomunicaciones (TIA/EIA 568 y 569), que establecen criterios claros para la disposición, soporte y accesibilidad de bandejas y canalizaciones de comunicaciones.

Figura 31

Interferencia de Primer Nivel con TIC-conflicto 790 Grave



Fuente: Elaboración Propia

4.3. Interferencias Segundo nivel

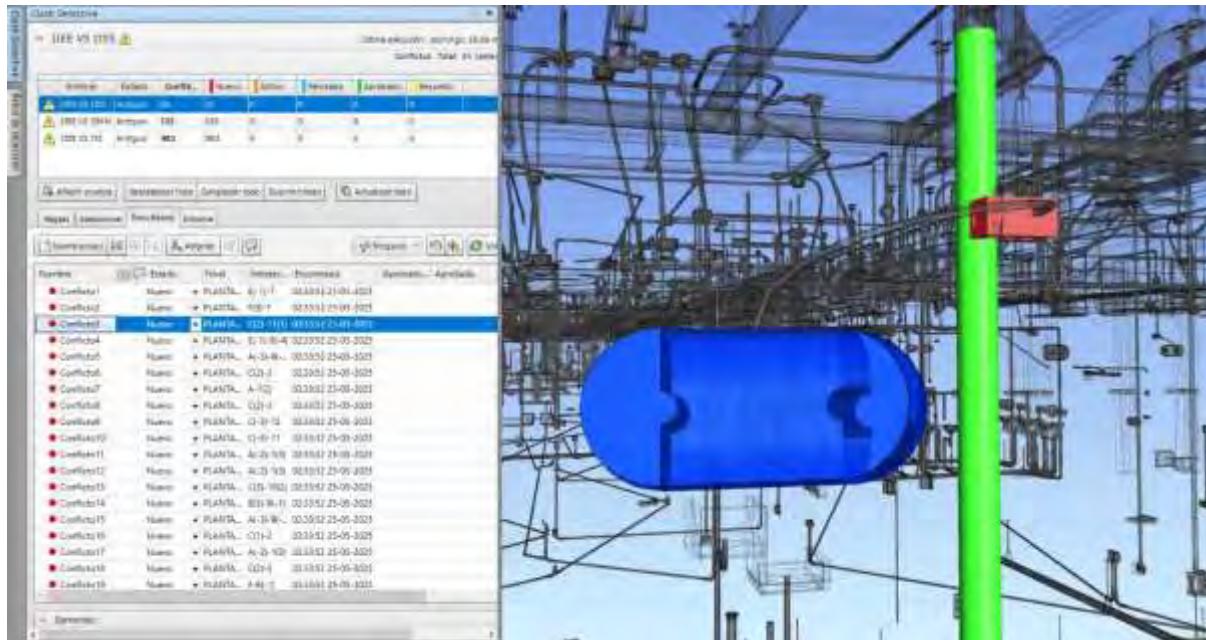
4.3.1. *Interferencias de Segundo nivel con instalaciones sanitarias*

El conflicto 03 grave corresponde a la intersección del montante de desagüe (verde) con la salida para luz de emergencia (rojo) en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia evidencia una falta de coordinación entre las especialidades eléctrica

y sanitaria en el diseño. Desde el enfoque sanitario y eléctrico, la ubicación de montantes de desagüe debe estar libre de interferencias con sistemas eléctricos, especialmente con luminarias de emergencia que cumplen un rol crítico en la evacuación y seguridad hospitalaria. La colisión no solo dificulta la instalación y el mantenimiento de ambos sistemas, sino que genera un riesgo de filtraciones hacia componentes eléctricos, lo que puede ocasionar cortocircuitos, fallas en la iluminación de emergencia y comprometer la seguridad de los usuarios durante contingencias. Esta situación contraviene lo establecido en el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que prohíbe la instalación de equipos eléctricos en contacto o cercanía directa con tuberías sanitarias, así como las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que exigen un diseño sin interferencias que afecten la funcionalidad y seguridad de los sistemas constructivos hospitalarios.

Figura 32

Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 03 Grave



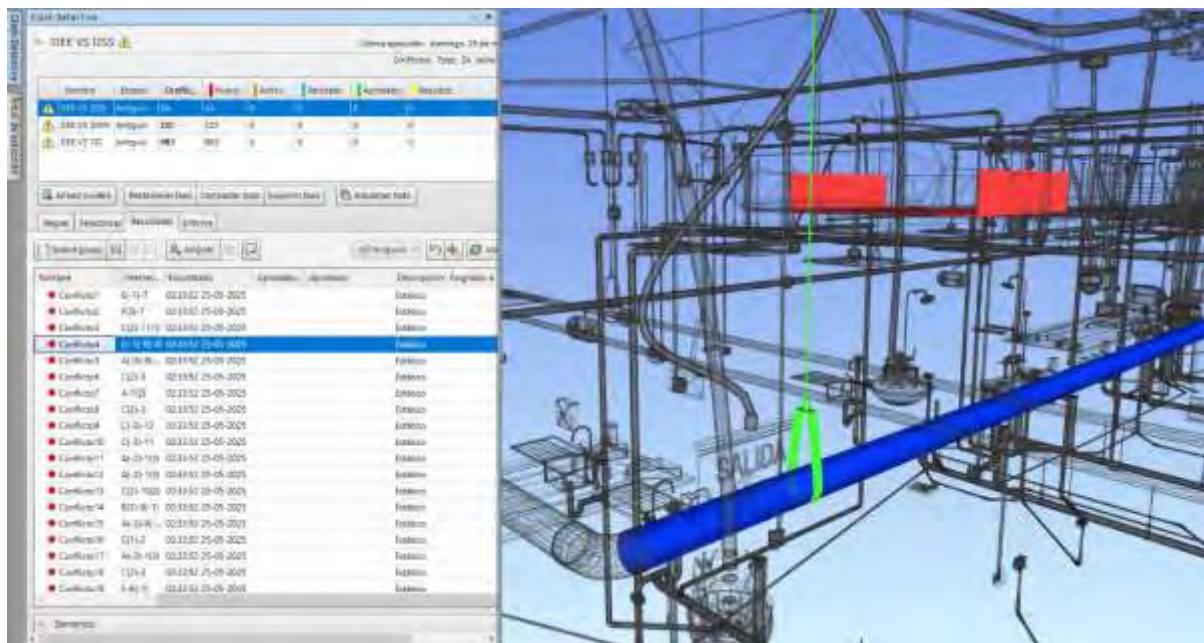
Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 04 grave corresponde a la intersección del soporte a techo del montante de desagüe (verde) con la bandeja de alimentadores eléctricos (rojo y azul) en el segundo nivel

del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una deficiente coordinación entre las especialidades sanitaria y eléctrica en el diseño. Desde el enfoque sanitario y eléctrico, los soportes de montantes de desagüe son elementos estructurales esenciales para garantizar la verticalidad y estabilidad de la tubería. Su interferencia con bandejas de alimentadores eléctricos compromete la instalación de ambos sistemas, genera riesgos de contacto accidental, dificulta el mantenimiento y puede provocar daños en la canalización eléctrica o en la estructura del soporte sanitario. Además, esta situación incumple las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige rutas libres y accesibles para canalizaciones eléctricas sin interferencias estructurales, y del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que establece la instalación de montantes y soportes sin afectar la operatividad y seguridad de otros sistemas constructivos.

Figura 33

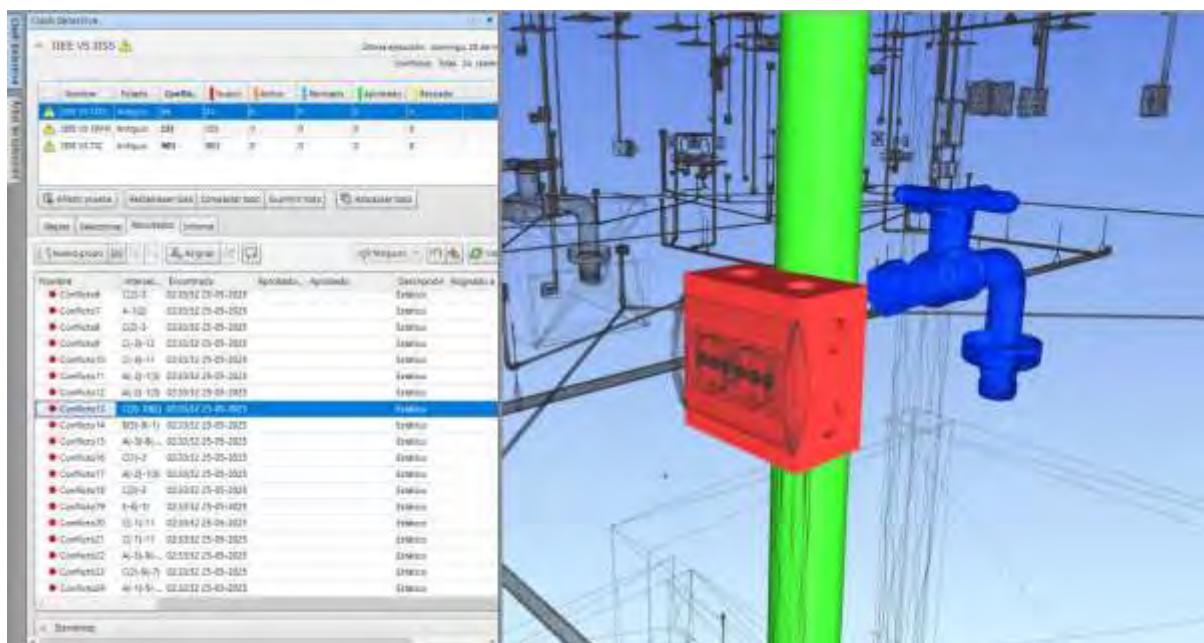
Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 04 Grave



interferencia refleja una falta de coordinación en el diseño entre las especialidades sanitaria y eléctrica. Desde el enfoque sanitario y eléctrico, la ubicación de montantes de desagüe junto a salidas de tomacorriente representa un riesgo significativo, ya que posibles filtraciones o condensaciones en la tubería podrían afectar el punto eléctrico, generando daños al sistema, cortocircuitos y riesgos de electrocución para el personal y los usuarios. Además, dificulta el mantenimiento y la instalación adecuada de ambas especialidades. Esta situación incumple las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que prohíbe la instalación de tomacorrientes junto a tuberías sanitarias para evitar riesgos eléctricos, y las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que exigen diseños constructivos sin interferencias que afecten la funcionalidad, seguridad y operatividad de los sistemas.

Figura 34

Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 13 Grave

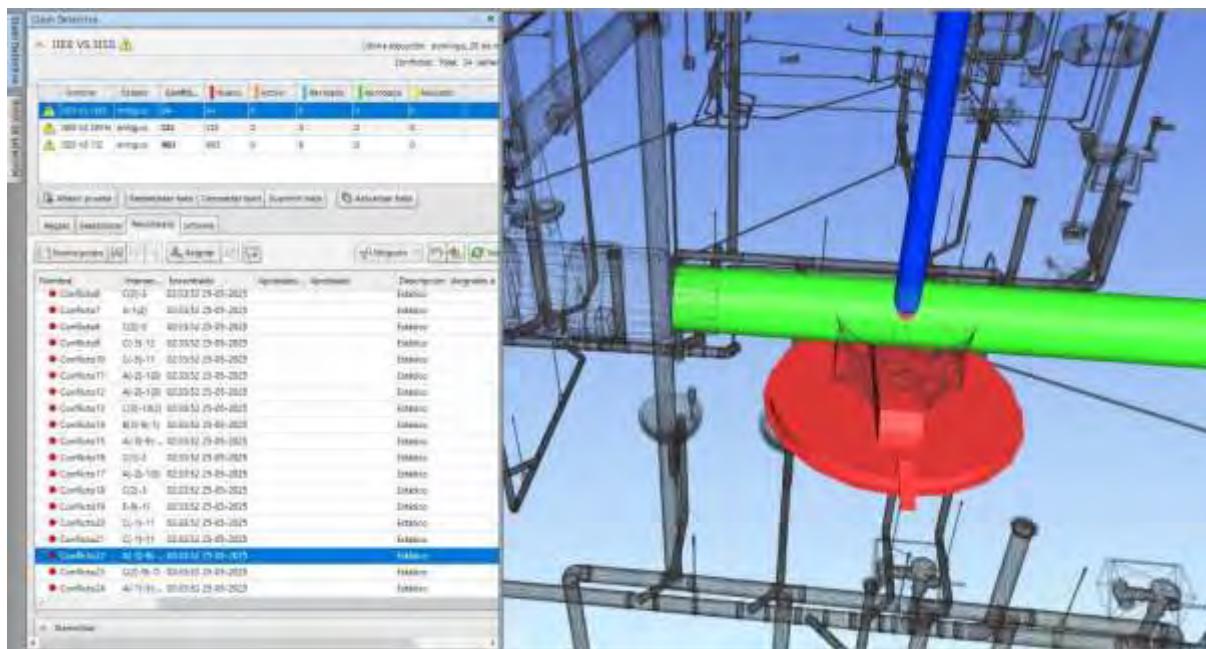


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 22 grave corresponde a la intersección del montante de desagüe (verde) con la salida de luminaria tipo plafón (rojo y azul) en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia revela una deficiente coordinación entre las especialidades sanitaria y eléctrica durante el diseño. Desde el enfoque sanitario y eléctrico, la proximidad de montantes de desagüe a luminarias implica un riesgo considerable, ya que cualquier filtración, condensación o fuga en la tubería podría afectar el sistema de iluminación, generar fallas eléctricas, cortocircuitos y poner en peligro la seguridad del personal y usuarios. Además, dificulta la instalación y mantenimiento de ambos sistemas, afectando la operatividad del ambiente hospitalario. Esta situación contraviene lo estipulado en el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que prohíbe la instalación de luminarias próximas a tuberías sanitarias para prevenir riesgos eléctricos, así como el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que exige diseños constructivos seguros, funcionales y sin interferencias que afecten la integridad de los sistemas en hospitales.

Figura 35

Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 22 Grave



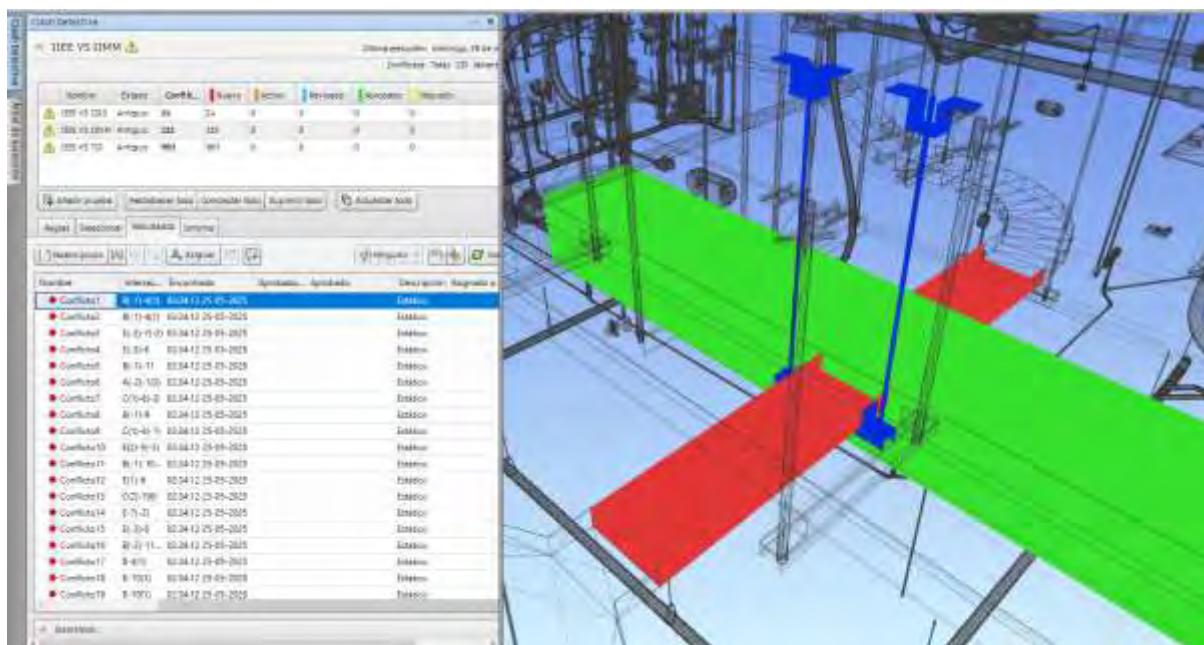
Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. Interferencias de Segundo nivel con instalaciones mecánicas

El conflicto 01 grave corresponde a la intersección de la bandeja ranurada de alimentadores eléctricos (rojo) con el soporte a techo de los ductos de extracción de aire (verde y azul) en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una deficiente coordinación entre las especialidades eléctrica y mecánica en la etapa de diseño. Desde el enfoque mecánico, los soportes de ductos son elementos estructurales necesarios para garantizar la estabilidad, alineación y funcionamiento eficiente del sistema HVAC. Su interferencia con bandejas eléctricas compromete tanto la instalación mecánica como la eléctrica, pudiendo generar vibraciones, desplazamientos no previstos, o daños por contacto físico directo. Además, contraviene el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige canalizaciones libres de obstrucciones y seguras, y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas), que establece trayectorias y soportes mecánicos sin interferencias que afecten su operatividad o mantenimiento.

Figura 36

Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 01 Grave

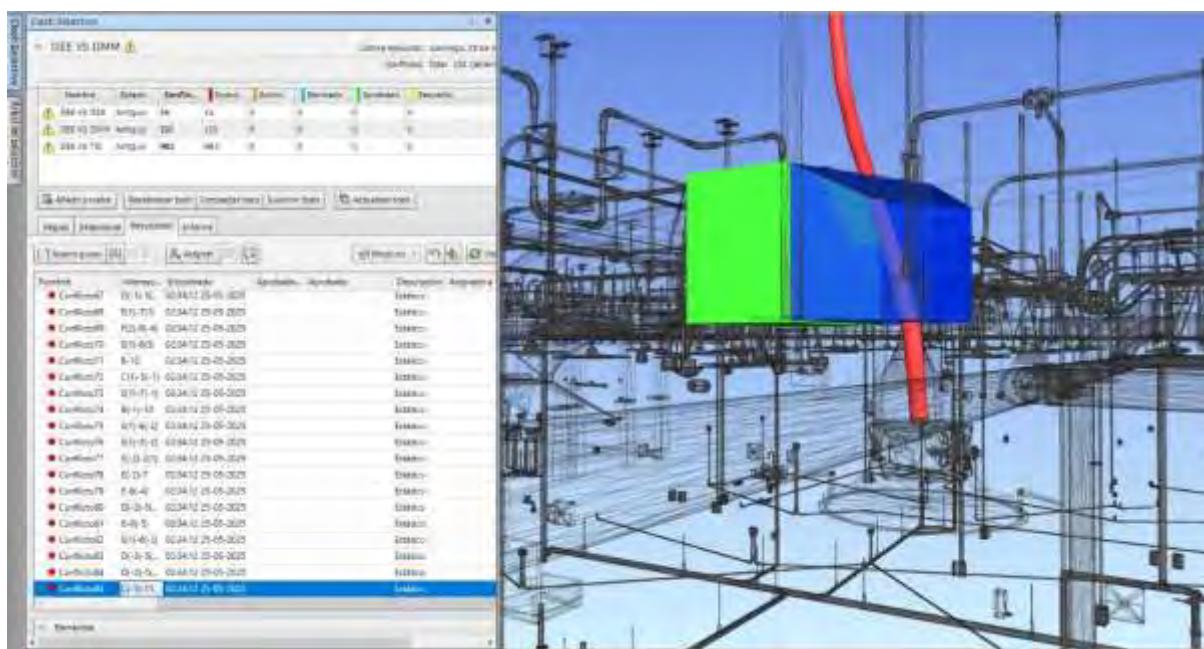


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 85 grave corresponde a la intersección del ducto de transición (verde y azul) con la bajada de la tubería eléctrica hacia la luminaria (rojo) en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia evidencia una falta de coordinación entre las especialidades mecánica y eléctrica en la etapa de diseño. Desde el enfoque mecánico, los ductos de transición son elementos esenciales del sistema HVAC, ya que permiten la conexión y el flujo de aire adecuado entre unidades y difusores. Su interferencia con la tubería eléctrica compromete tanto la instalación de la luminaria como el desempeño del sistema de ventilación, generando posibles bloqueos parciales, restricciones de flujo, sobrecargas en el ducto y afectación de la climatización ambiental. Además, esta situación contraviene las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige trayectorias seguras y libres para canalizaciones eléctricas, y las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas), que establecen que los ductos de ventilación no deben presentar interferencias que afecten su funcionalidad, mantenimiento y operación segura.

Figura 37

Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 85 Grave

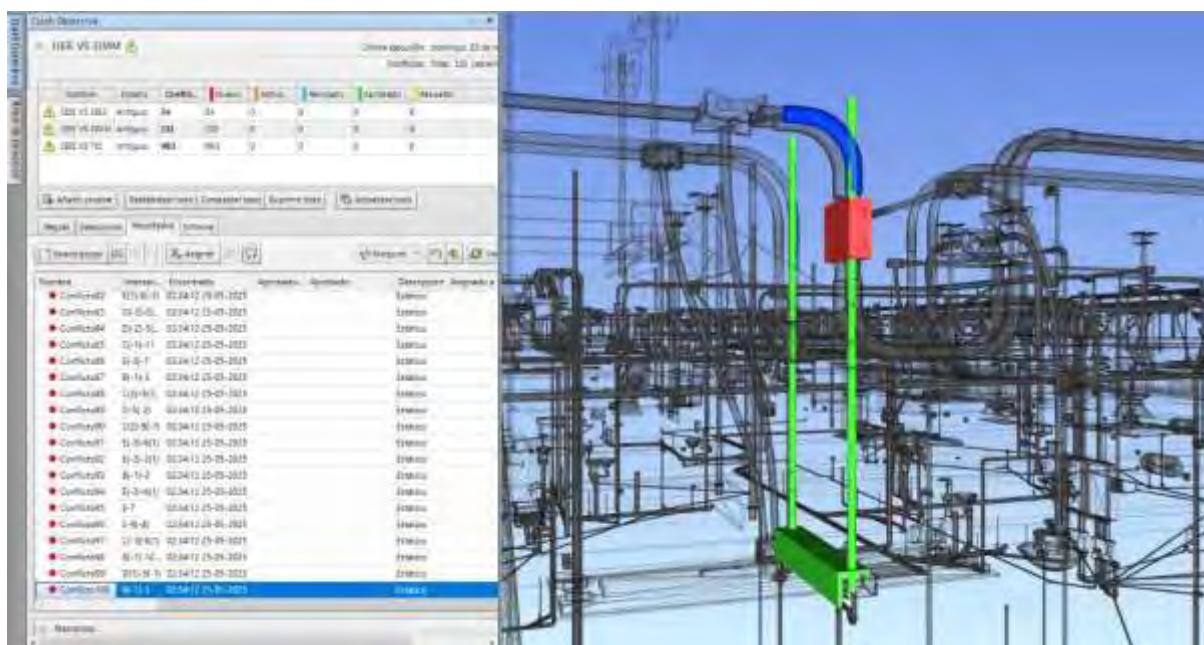


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 100 grave corresponde a la intersección del soporte a techo de la bandeja (verde) con la caja de paso (rojo) y la curva de tubería adosada a la estructura (azul) en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una deficiente coordinación entre las especialidades eléctrica y mecánica en el diseño. Desde el enfoque mecánico y eléctrico, el soporte a techo de bandejas es un elemento estructural fundamental para garantizar la estabilidad de los alimentadores eléctricos, mientras que la caja de paso requiere accesibilidad libre para inspección y mantenimiento, y la curva de tubería debe mantener su trayectoria sin obstrucciones. Esta situación contraviene el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que establece la obligación de instalar cajas de paso accesibles y canalizaciones libres de interferencias, y las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas y Eléctricas), que requieren soportes y sistemas mecánicos ubicados sin comprometer otros elementos constructivos o instalaciones.

Figura 38

Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 100 Grave

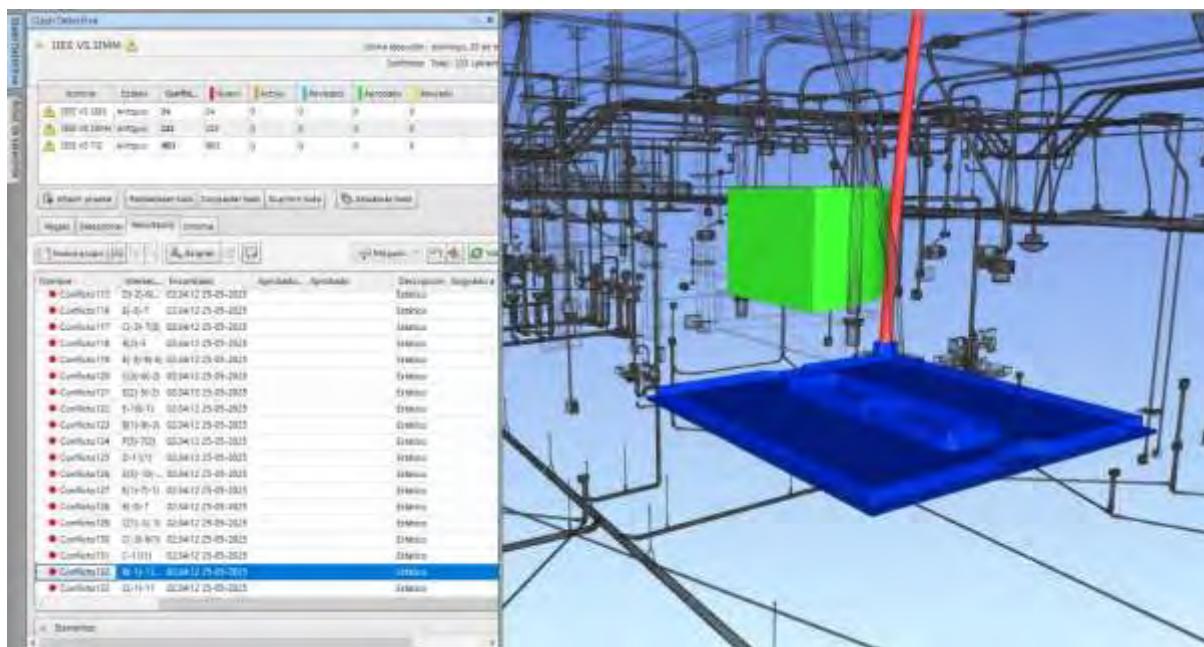


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 132 grave corresponde a la intersección del soporte a techo del ducto de recirculación de aire (verde y rojo) con la luminaria tipo panel (azul) en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una falta de coordinación entre las especialidades mecánica y eléctrica durante el diseño. Desde el enfoque mecánico, los soportes de ductos son esenciales para mantener su estabilidad y alineación, garantizando el flujo adecuado de recirculación de aire. La colisión con la luminaria compromete la instalación de ambos sistemas, genera obstrucciones que pueden alterar el flujo de aire en el ducto y limita el mantenimiento o sustitución de la luminaria, afectando la operatividad y seguridad del área hospitalaria. Esta situación contraviene las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige rutas de canalizaciones y luminarias libres de interferencias, y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas y Eléctricas), que establece que los ductos y sus soportes no deben afectar la instalación y funcionamiento de los sistemas eléctricos o de iluminación.

Figura 39

Interferencia de Segundo Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 132 Grave

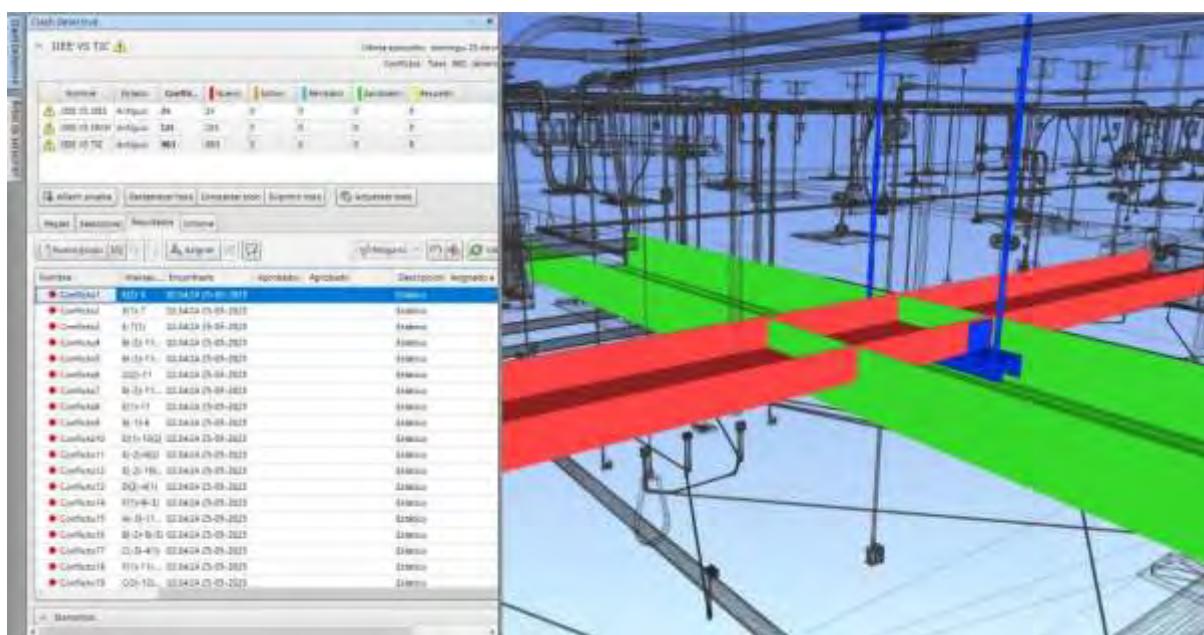


4.3.3. Interferencias de Segundo nivel con TIC

El conflicto 01 grave corresponde a la sobreposición del soporte a techo de la bandeja de comunicaciones (verde) con el soporte a techo de las bandejas de alimentadores eléctricos (rojo y azul) en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una falta de coordinación en el diseño entre las especialidades eléctrica y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). Desde el enfoque TIC, las bandejas de comunicaciones deben instalarse en rutas libres de interferencias estructurales o eléctricas para garantizar el adecuado tendido de cables de datos, evitar tensiones, deformaciones o daños en el cableado, y mantener la integridad de la señal. Esta situación contraviene las disposiciones del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige la instalación de soportes y canalizaciones eléctricas sin interferencias, y las normas de infraestructura de telecomunicaciones TIA/EIA 568 y 569, que establecen requerimientos de separación y accesibilidad para sistemas de comunicaciones y eléctricos, garantizando su correcto funcionamiento y seguridad en edificaciones hospitalarias.

Figura 40

Interferencia de Segundo Nivel con TIC-conflicto 01 Grave

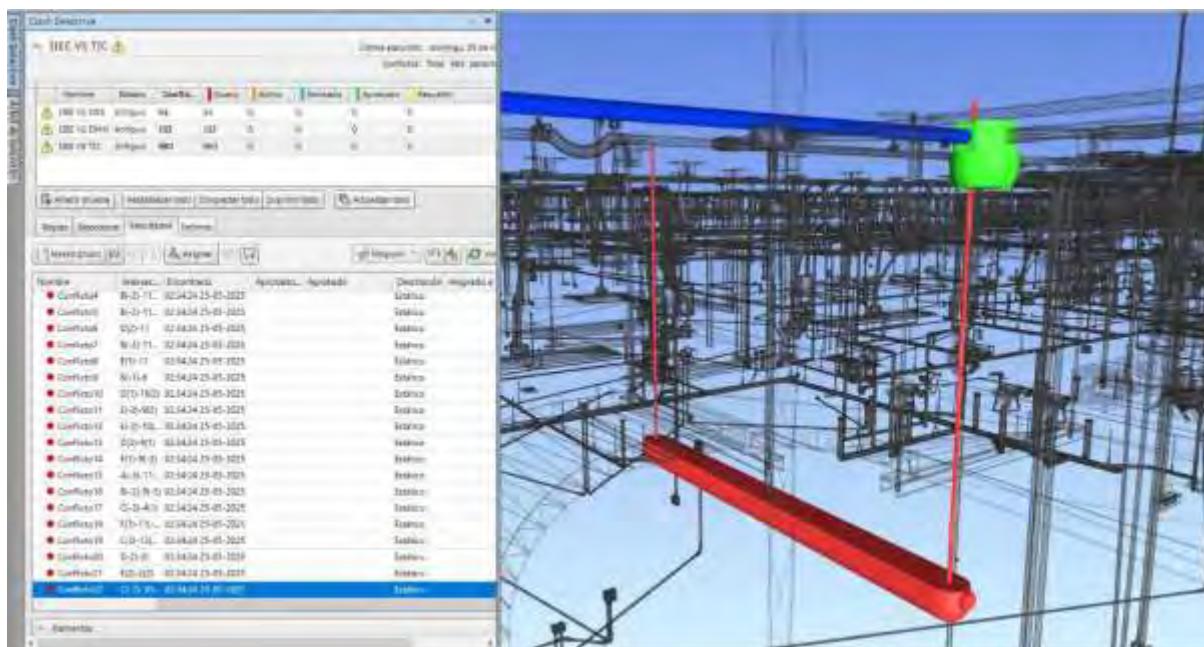


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 22 grave corresponde a la sobreposición de la suspensión de la luminaria hermética (rojo) con la salida del sensor de humo en techo (verde y azul) en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una deficiente coordinación en el diseño entre las especialidades eléctrica y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). Desde el enfoque TIC y seguridad contra incendios, la ubicación de sensores de humo debe estar libre de obstrucciones y a distancias mínimas de luminarias u otros elementos que generen corrientes de aire, calor o bloquen su radio de detección. La interferencia con la luminaria hermética puede afectar la correcta operación del sensor y generar falsas alarmas. Esta situación contraviene lo establecido en el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige instalaciones eléctricas y de detección de incendios sin interferencias, y las normas de seguridad y protección contra incendios del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Eléctricas y de Seguridad), que especifican la correcta ubicación de luminarias y sensores para garantizar su funcionalidad y mantenimiento seguro.

Figura 41

Interferencia de Segundo Nivel con TIC-conflicto 22 Grave

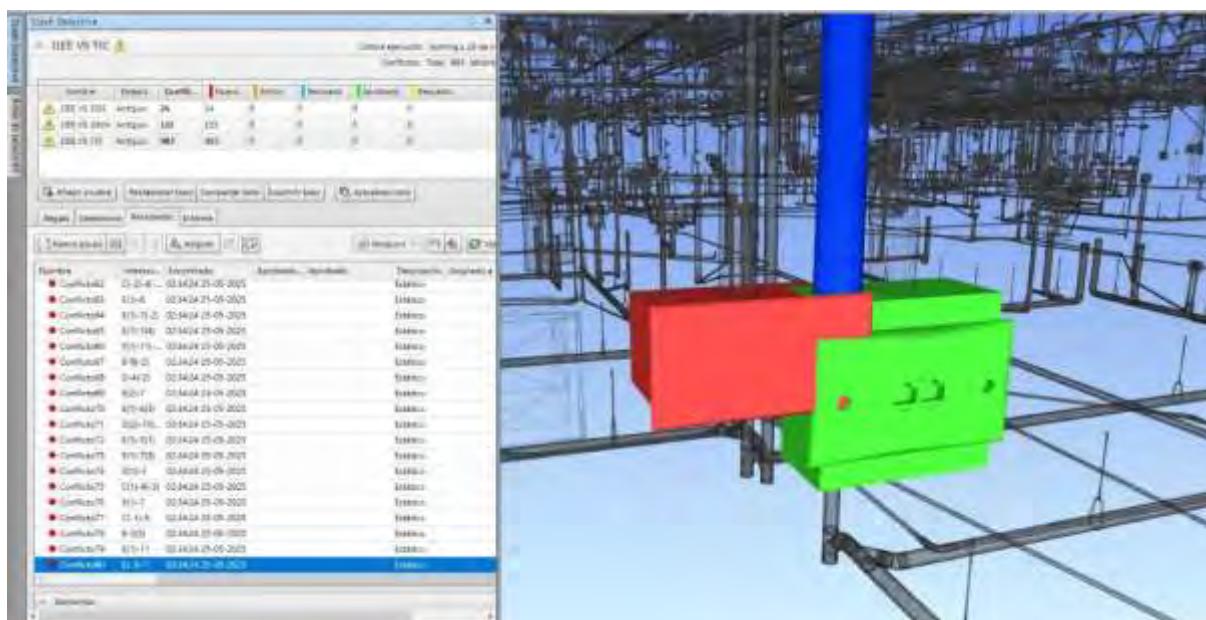


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 80 grave corresponde a la sobreposición de la suspensión de la salida de fuerza (rojo) con la salida de data doble (verde) en el cuarto médico, ubicada en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una deficiente coordinación en el diseño entre las especialidades eléctrica y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). Desde el enfoque TIC y eléctrico, la proximidad o cruce de salidas de fuerza con salidas de data contraviene las normas de cableado estructurado, ya que puede generar interferencias electromagnéticas que afecten la calidad de la señal de datos, además de dificultar la instalación, el mantenimiento y el acceso a ambos puntos. Esta disposición compromete la operatividad del cuarto médico, afectando el uso simultáneo de equipos eléctricos y de comunicaciones, fundamentales para la atención hospitalaria. Asimismo, esta situación contraviene el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige la correcta distribución y separación de salidas eléctricas y de comunicaciones, y las normas TIA/EIA 568 y 569, que establecen distancias mínimas entre cables de energía y cables de datos para evitar interferencias.

Figura 42

Interferencia de Segundo Nivel con TIC-conflicto 80 Grave

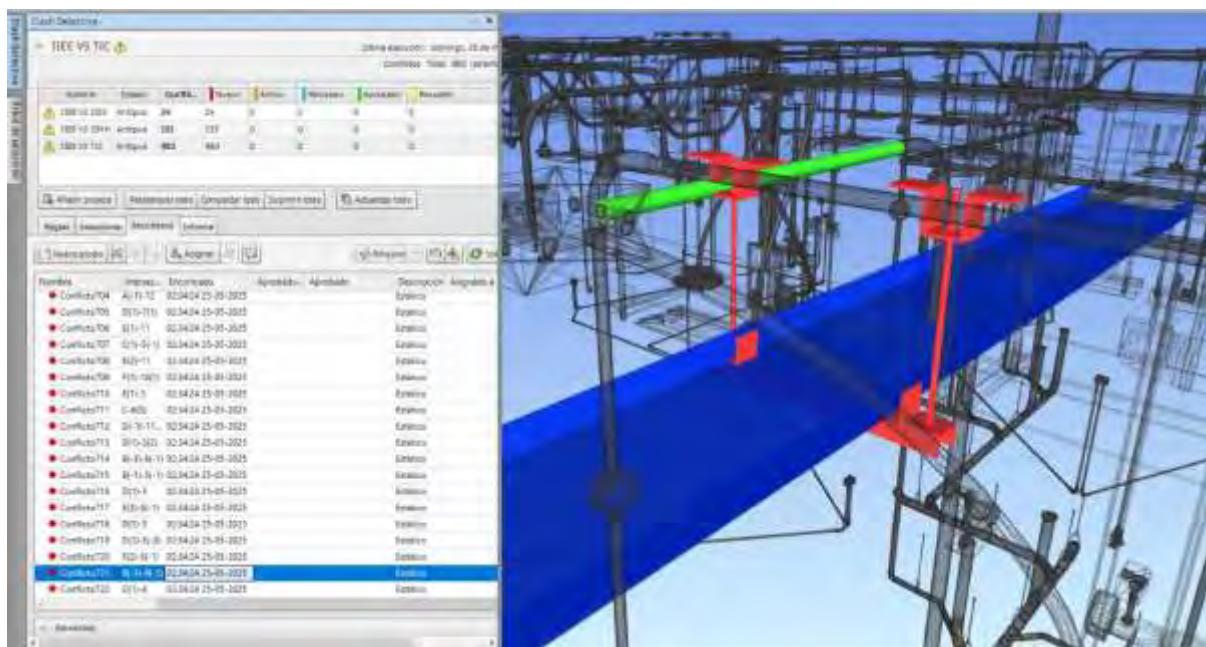


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 721 grave corresponde a la sobreposición del soporte a techo de la bandeja de comunicaciones (rojo) con la tubería de iluminación (verde), ubicada sobre la bandeja azul, en el segundo nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una deficiente coordinación en el diseño entre las especialidades de tecnologías de la información y comunicación (TIC) y eléctrica. Desde el enfoque TIC y eléctrico, la interferencia entre soportes de bandejas de comunicaciones y tuberías de iluminación compromete la instalación segura y funcional de ambos sistemas. Además, limita el espacio requerido para los radios de curvatura de cables de datos, incrementando la posibilidad de pérdidas de señal o daños estructurales. Esta situación contraviene el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que exige canalizaciones eléctricas y estructuras de soporte libres de interferencias, y las normas TIA/EIA 569 y 568, que especifican distancias mínimas, accesibilidad y separación física adecuada entre sistemas de comunicaciones y eléctricos para garantizar su operatividad, seguridad y mantenimiento adecuado en edificaciones hospitalarias.

Figura 43

Interferencia de Segundo Nivel con TIC-conflicto 721 Grave



Fuente: Elaboración Propia

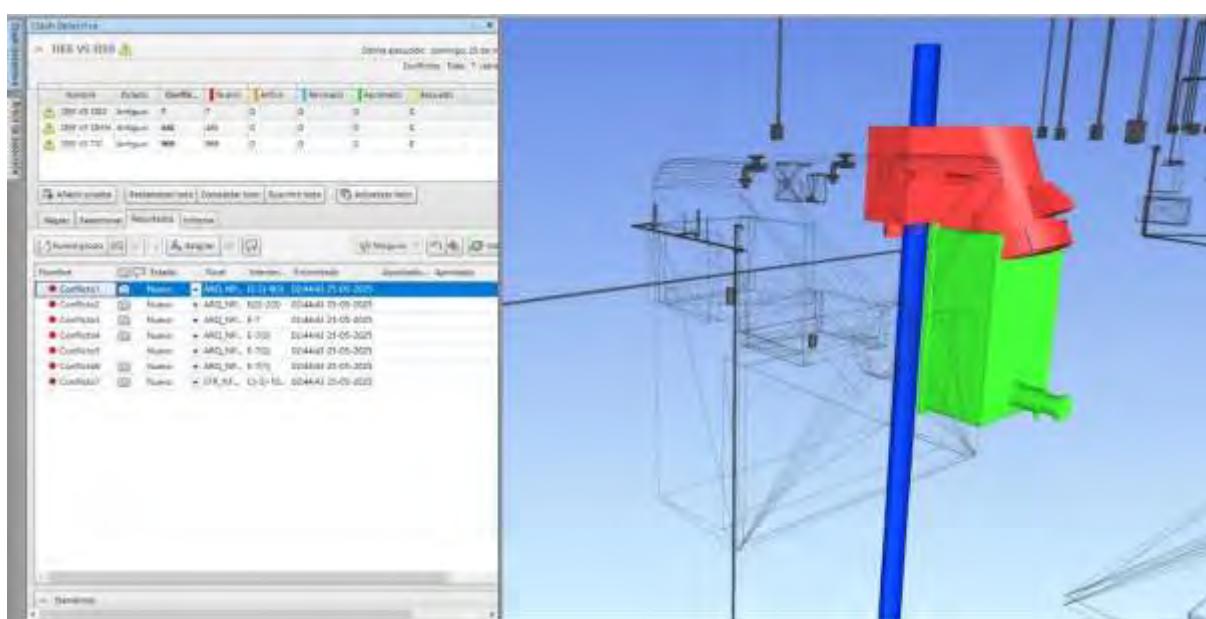
4.4. Interferencias Tercer nivel

4.4.1. Interferencias de Tercer Nivel con instalaciones sanitarias

El conflicto 01 grave corresponde a la interferencia entre la salida de fuerza para el secador de manos (rojo) y el dispensador de jabón líquido (verde), ubicada en el tercer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Desde el enfoque sanitario y eléctrico, la ubicación del dispensador de jabón cerca de la salida de fuerza no cumple con las distancias mínimas requeridas para evitar riesgos de cortocircuito por salpicaduras, humedad o derrames, que podrían generar fallas eléctricas, daños al equipo y accidentes al personal o usuarios. Además, impide un uso ergonómico y seguro del área de lavado de manos, afectando la funcionalidad del ambiente hospitalario. Esta situación contraviene lo establecido en el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que prohíbe la instalación de tomacorrientes o salidas de fuerza cerca de fuentes de agua sin las protecciones correspondientes, y en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que requiere una distribución segura y libre de interferencias entre dispositivos sanitarios y eléctricos.

Figura 44

Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 01 Grave

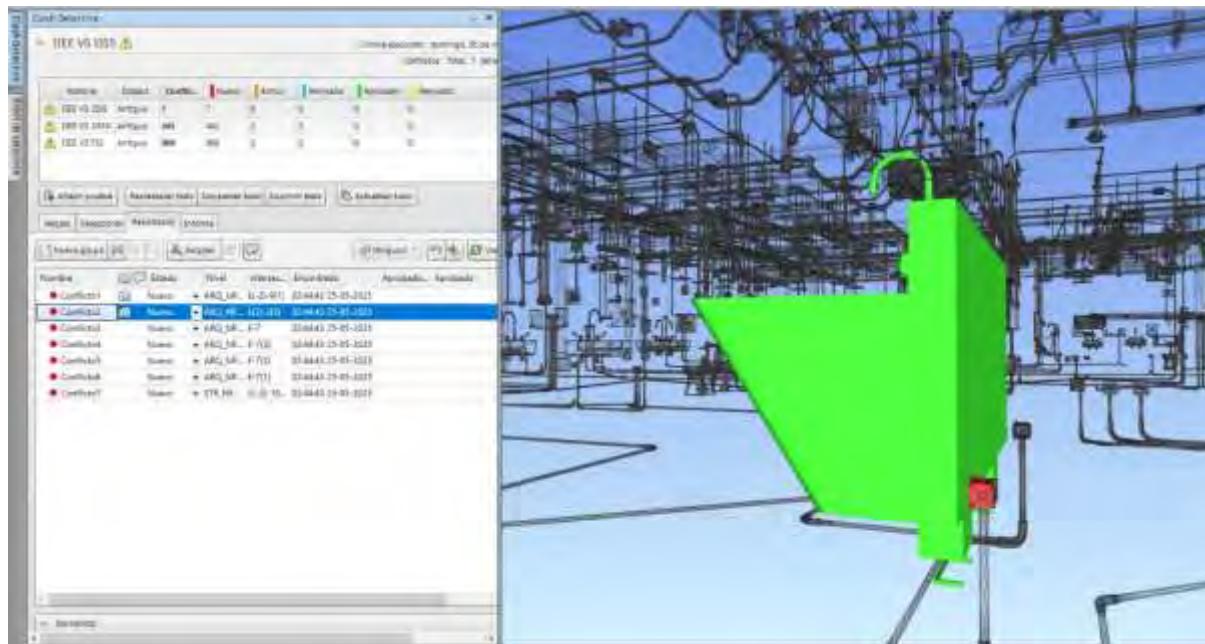


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 02 grave corresponde a la ubicación del tomacorriente (rojo) en la parte posterior del lavatorio de manos (verde), detectado en el tercer nivel del Hospital II-1 de Santo Tomás. Esta interferencia refleja una deficiencia en la coordinación espacial de los diseños eléctrico y sanitario. Desde el enfoque sanitario y eléctrico, la colocación del tomacorriente detrás del lavatorio compromete su accesibilidad, dificulta su mantenimiento y uso, y expone el sistema eléctrico a riesgos de salpicaduras o acumulación de humedad. Esto incrementa la posibilidad de fallas eléctricas, daños a los equipos conectados y accidentes eléctricos para el personal y los pacientes que utilicen el lavatorio. Este error contraviene los requerimientos del Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización), que estipula distancias mínimas y la protección contra el contacto con agua en ambientes húmedos, y del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que exige una distribución de tomacorrientes que asegure accesibilidad, funcionalidad y seguridad eléctrica en espacios de uso sanitario.

Figura 45

Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 02 Grave

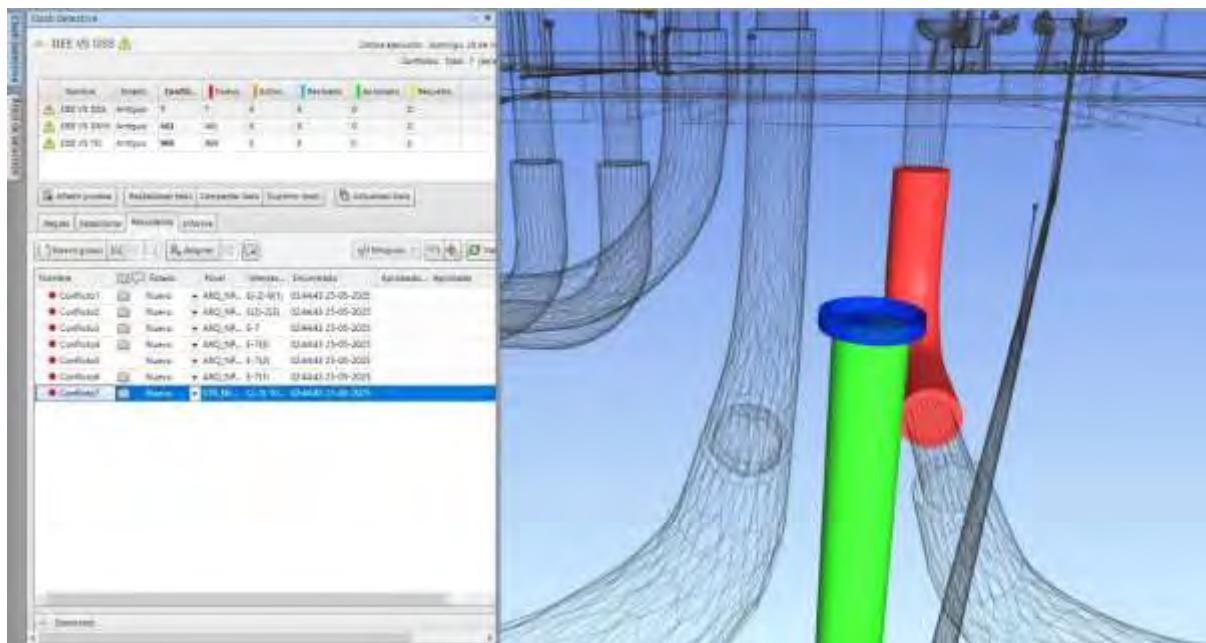


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 07 grave corresponde a la interferencia entre el sumidero (verde) y la tubería de tomacorriente empotrada en piso (rojo). Este choque espacial refleja una falta de coordinación entre los diseños sanitario y eléctrico, evidenciando deficiencias en la compatibilización previa a obra. La ubicación de la tubería eléctrica en el recorrido del sumidero no solo obstruye su instalación y mantenimiento, sino que representa un riesgo eléctrico, ya que la proximidad a sistemas de evacuación de agua puede derivar en filtraciones, afectación del aislamiento de la tubería eléctrica, fallas de operación e incluso cortocircuitos. Además, contraviene las exigencias de separación de sistemas estipuladas por el Código Nacional de Electricidad (CNE Utilización) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que prohíben la coexistencia de instalaciones sanitarias y eléctricas en trayectorias que puedan generar interferencias técnicas o de seguridad.

Figura 46

Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 07 Grave



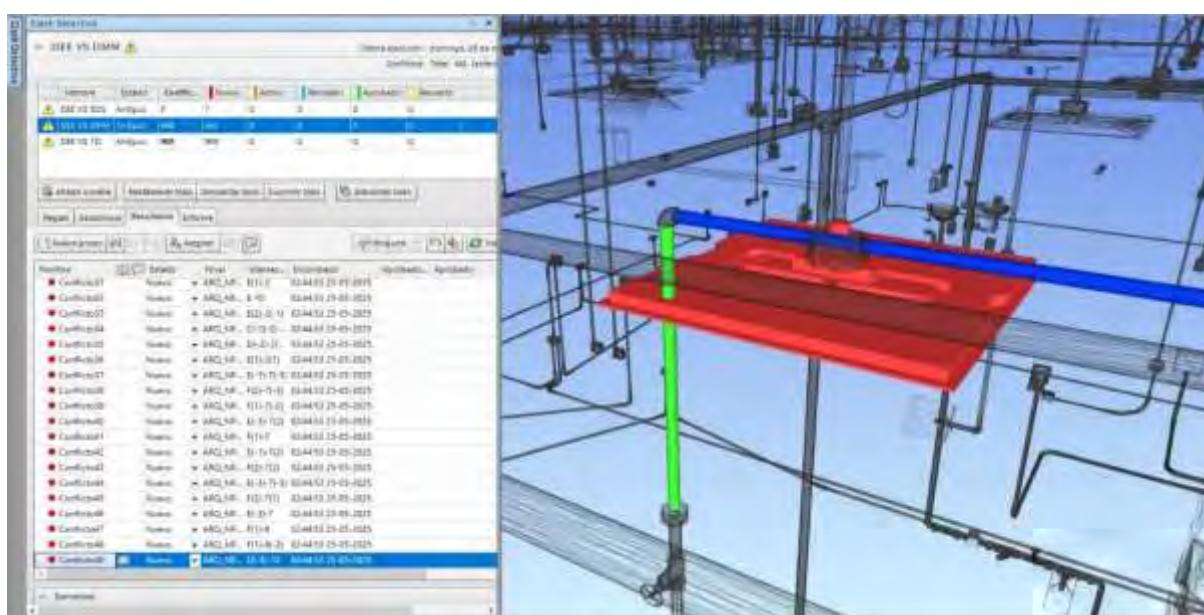
Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. Interferencias de Tercer Nivel con instalaciones mecánicas

El conflicto 49 grave corresponde a la interferencia entre la tubería de oxígeno medicinal (verde) y la luminaria tipo plafón (rojo) en el tercer nivel. Este cruce refleja la ausencia de una adecuada coordinación espacial entre los sistemas eléctricos y mecánicos hospitalarios. La superposición de la luminaria con la tubería de oxígeno representa un riesgo técnico y funcional, ya que dificulta el mantenimiento de ambas instalaciones, puede generar vibraciones no deseadas en la tubería y compromete la distribución uniforme de iluminación. Además, desde el punto de vista normativo, vulnera los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Mecánicas y Eléctricas) y las normas técnicas de gases medicinales, que prohíben instalaciones que interfieran con los sistemas críticos de suministro hospitalario, dado que el oxígeno requiere trayectos libres de obstáculos y accesibles para inspección y mantenimiento. Se requiere un replanteamiento del punto de luz o del trazado de la tubería para garantizar la seguridad operativa y el cumplimiento de los estándares hospitalarios.

Figura 47

Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 49 Grave

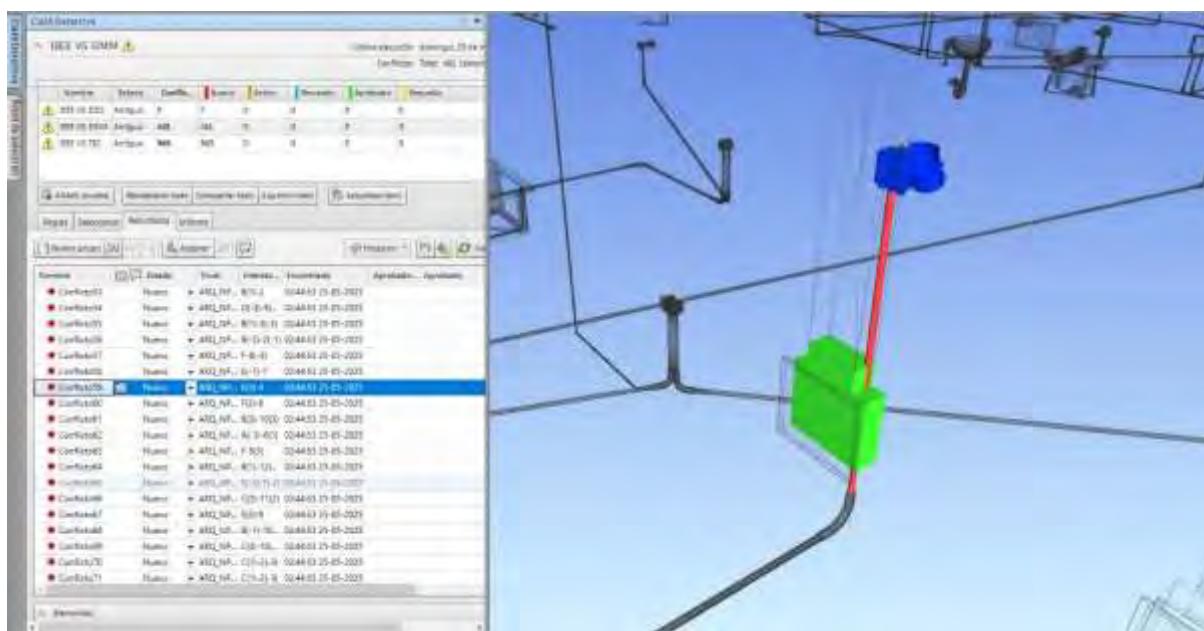


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 59 grave corresponde a la interferencia entre la tubería eléctrica de salida de fuerza (rojo) y el extractor de aire (verde y azul) ubicado en la sala quirúrgica. Este cruce evidencia la falta de coordinación entre el sistema eléctrico y el sistema mecánico de extracción de aire. La colisión implica un riesgo técnico y funcional relevante, ya que afecta la correcta instalación y operación del extractor de aire, un equipo crítico para el control de calidad ambiental y la ventilación en áreas quirúrgicas. Además, el recorrido de la tubería eléctrica en la zona de extracción puede dificultar el mantenimiento, generar vibraciones o ruidos no deseados y comprometer la seguridad eléctrica en un ambiente que requiere máxima asepsia. Desde el punto de vista normativo, se contradicen los lineamientos de las normas de instalaciones hospitalarias y electromecánicas del RNE, que establecen la instalación sin interferencias ni superposiciones que afecten la operación de los equipos, especialmente en ambientes como salas quirúrgicas donde se prioriza la limpieza, accesibilidad y funcionalidad plena de los sistemas.

Figura 48

Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 59 Grave

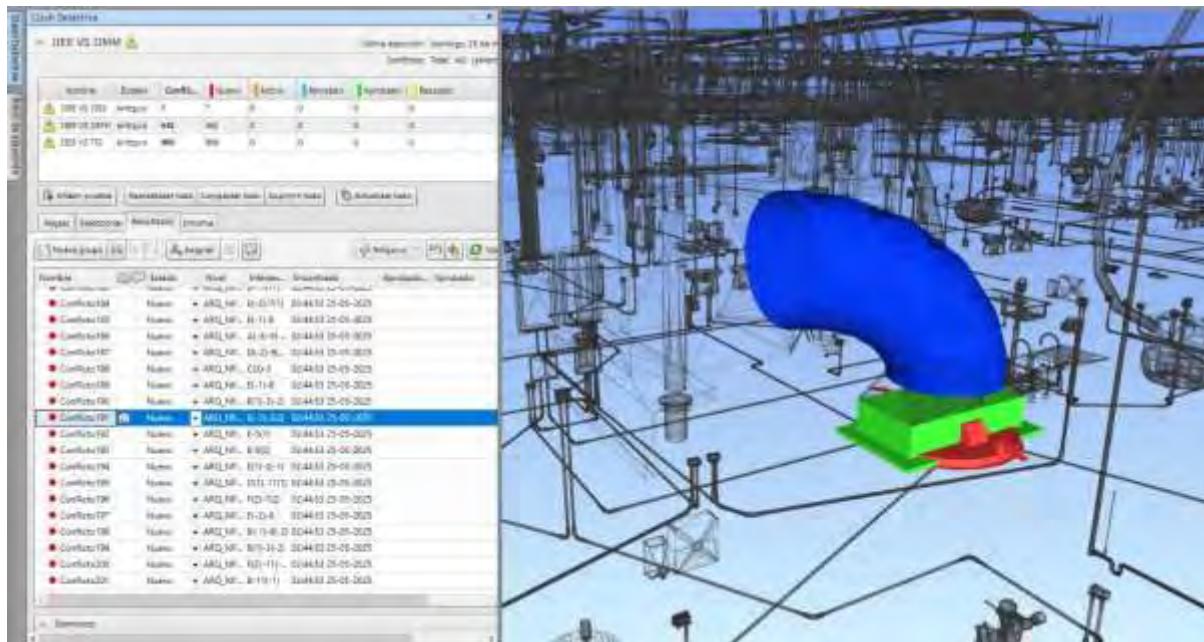


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 191 grave corresponde a la interferencia entre el punto de extracción de aire (azul) y la luminaria tipo plafón circular (rojo) en el tercer nivel. Este cruce refleja la ausencia de una adecuada coordinación espacial entre los sistemas eléctricos y mecánicos hospitalarios. La superposición de la luminaria con el ducto de extracción de aire representa un riesgo técnico y funcional, ya que limita la efectividad del sistema de ventilación y puede obstruir el flujo de aire, afectando la renovación ambiental requerida en salas clínicas y quirúrgicas. Además, desde el punto de vista normativo, vulnera los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas y Eléctricas) y las normas técnicas de climatización hospitalaria, que exigen accesibilidad y trayectos libres de interferencias para garantizar la operación y mantenimiento seguro de los equipos de extracción. Se requiere un replanteamiento de la ubicación de la luminaria o la modificación del punto de extracción de aire para garantizar la seguridad operativa, la funcionalidad del sistema de ventilación y el cumplimiento de los estándares hospitalarios.

Figura 49

Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 191 Grave

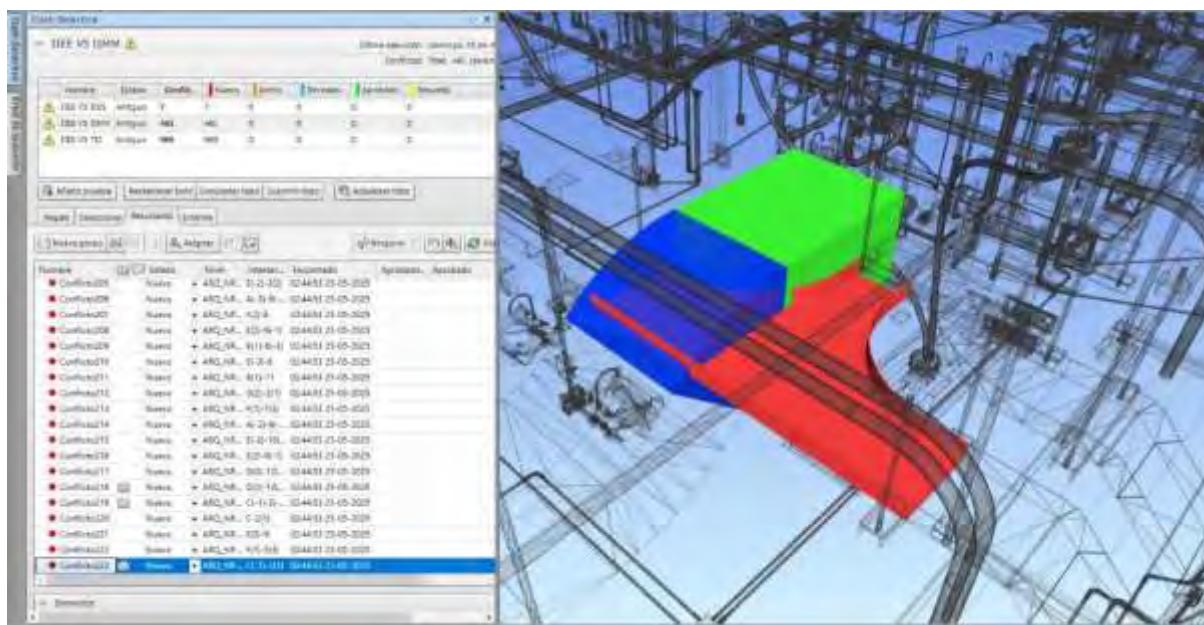


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 223 grave corresponde a la interferencia entre la bandeja de alimentadores eléctricos (rojo) y el ducto de recirculación de aire (azul) en el tercer nivel. Este cruce evidencia la falta de coordinación espacial entre los sistemas eléctricos y mecánicos dentro del diseño hospitalario. La superposición de la bandeja de alimentadores con el ducto de recirculación de aire representa un riesgo técnico y funcional, ya que puede obstruir el flujo de aire necesario para la ventilación y climatización de los ambientes, además de dificultar el mantenimiento preventivo o correctivo de ambos sistemas. Desde el punto de vista normativo, esta interferencia contraviene los requisitos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Mecánicas y Eléctricas) y las normas técnicas de climatización hospitalaria, que exigen trayectorias libres de interferencias y accesibles para la inspección y operación segura de los sistemas eléctricos y de aire acondicionado. Se requiere un replanteamiento de la ruta de la bandeja eléctrica o una modificación en el trazado del ducto de recirculación de aire para garantizar la seguridad operativa, la funcionalidad de los sistemas involucrados y el cumplimiento de los estándares hospitalarios.

Figura 50

Interferencia de Tercer Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 223 Grave



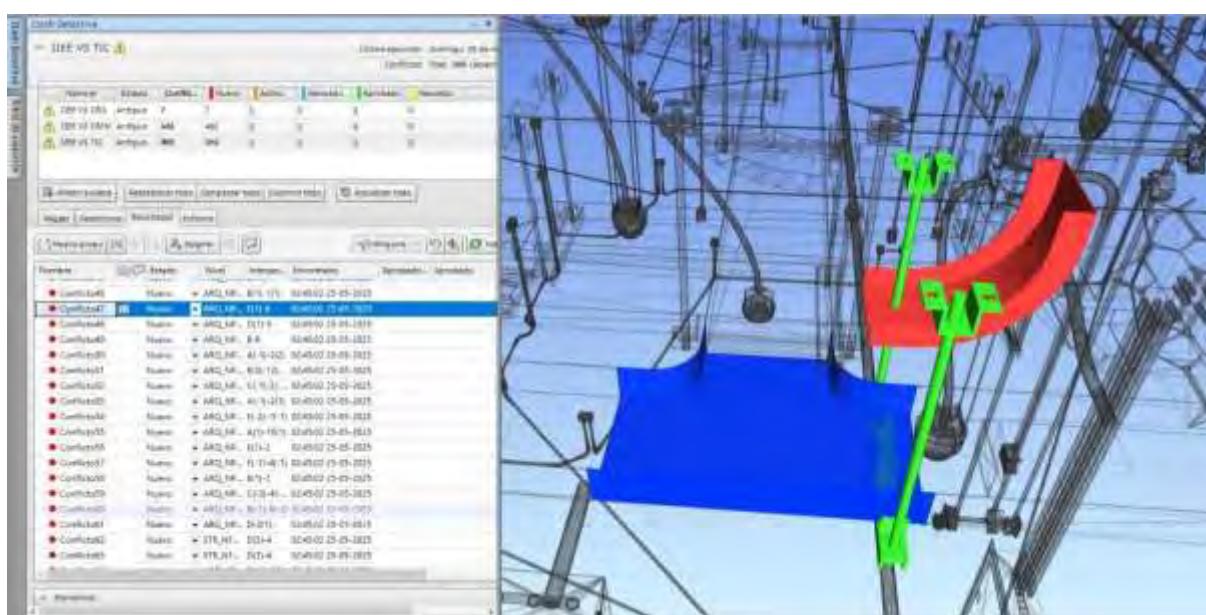
Fuente: Elaboración Propia

4.4.3. Interferencias de Tercer Nivel con TIC

El conflicto 47 grave corresponde a la interferencia entre la bandeja de alimentadores eléctricos (rojo) y el soporte a techo de la bandeja de comunicaciones (verde) en el tercer nivel. Esta colisión evidencia la ausencia de una correcta coordinación espacial entre los sistemas eléctricos y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). La sobreposición del soporte con la bandeja eléctrica implica un riesgo técnico y funcional, pues afecta la instalación adecuada de ambas especialidades, genera restricciones para el mantenimiento y puede comprometer la integridad estructural de los soportes y de los cables alojados en ambas bandejas. Desde el punto de vista normativo, vulnera el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Eléctricas y de Comunicaciones), que establece la obligatoriedad de mantener las distancias mínimas y rutas libres de interferencias para garantizar la seguridad operativa y evitar afectaciones en el desempeño de los sistemas de comunicación. Se requiere un replanteamiento de la ubicación del soporte o de la trayectoria de la bandeja eléctrica, verificando alturas y coordenadas de instalación.

Figura 51

Interferencia de Tercer Nivel con TIC-conflicto 47 Grave

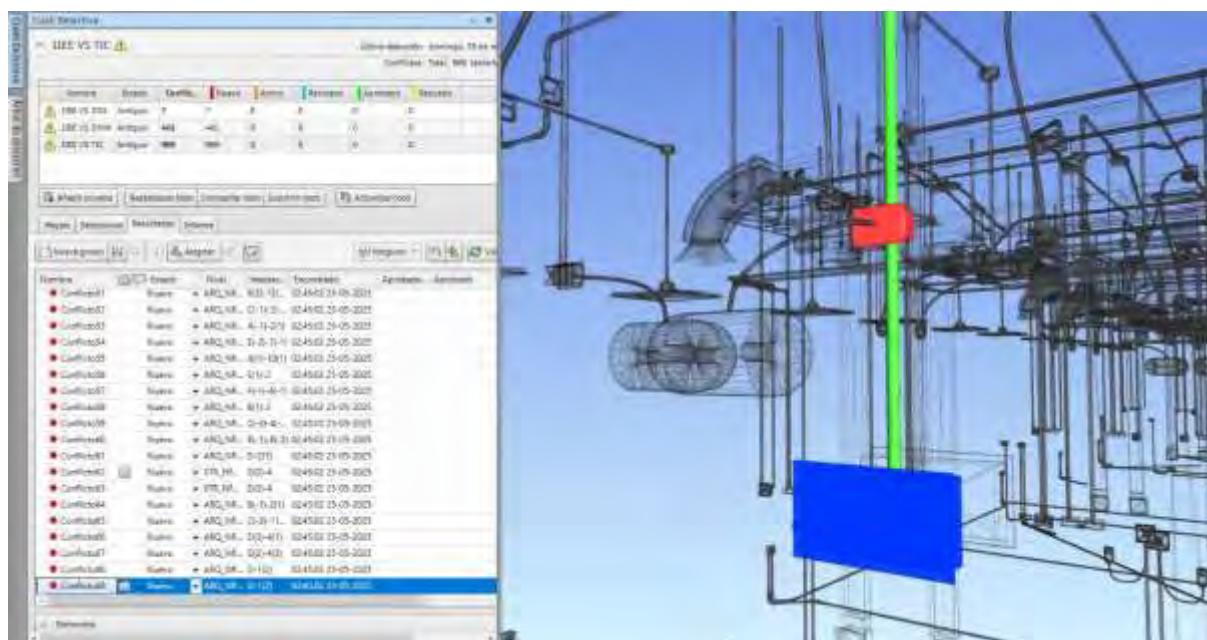


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 69 grave corresponde a la interferencia entre la tubería para salida de tomacorriente de luz de emergencia (verde y rojo) y la salida de reloj digital (azul) en el tercer nivel. Este cruce refleja la falta de coordinación en el diseño de los sistemas eléctricos y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). La sobreposición de la tubería con la salida del reloj digital genera un riesgo técnico y funcional, ya que obstaculiza la instalación adecuada de ambos dispositivos, limita su mantenimiento y podría generar interferencias electromagnéticas que afecten la precisión del reloj. Además, desde el punto de vista normativo, contraviene el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Eléctricas y de Comunicaciones), que establece mantener rutas independientes, accesibles y libres de interferencias para garantizar la operatividad, seguridad y exactitud de los sistemas de monitoreo y emergencia hospitalaria. Se requiere un replanteamiento del recorrido de la tubería o de la ubicación del reloj digital para evitar colisiones y cumplir con los estándares técnicos y normativos vigentes.

Figura 52

Interferencia de Tercer Nivel con TIC-conflicto 69 Grave

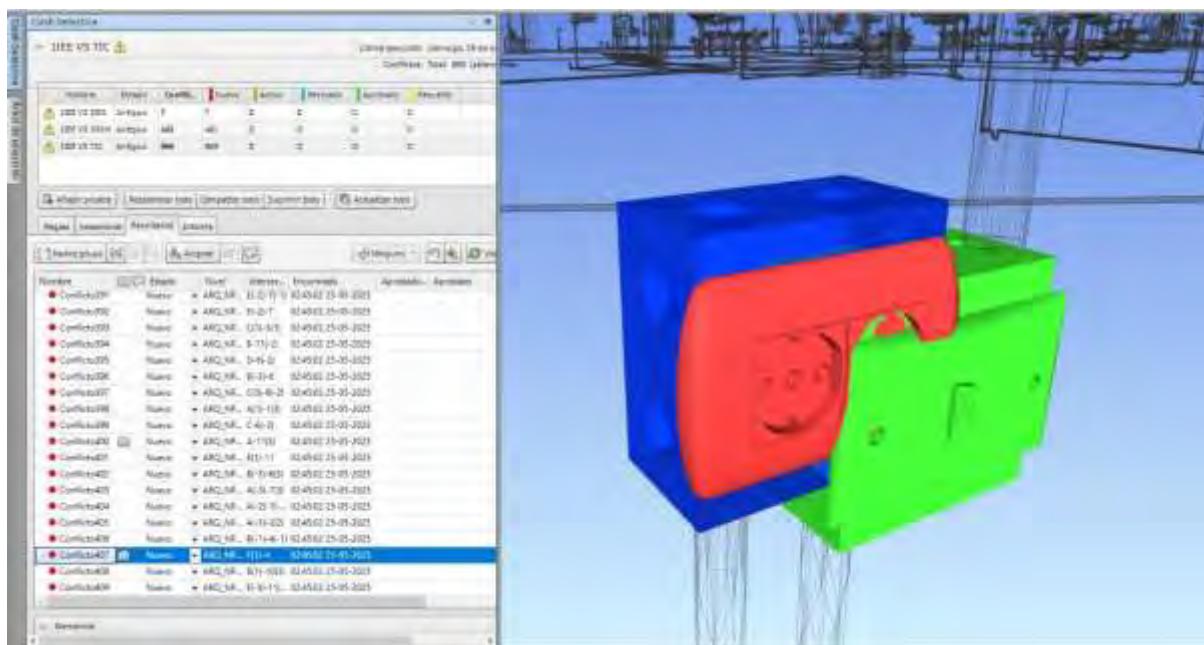


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 407 grave corresponde a la interferencia entre la salida de tomacorriente (rojo) y la salida HDMI para TV (verde) en un punto de instalación a 2.20 m de altura. Este cruce refleja una deficiente coordinación en el diseño de los sistemas eléctricos y de tecnologías de la información y comunicación (TIC) para la distribución de tomas y conectores audiovisuales en el ambiente. La sobreposición física de ambos dispositivos genera un riesgo técnico y funcional, ya que impide su uso simultáneo, dificulta el conexionado de los cables y reduce la accesibilidad para el mantenimiento o reposición de equipos. Asimismo, desde el punto de vista normativo, vulnera los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Eléctricas y de Comunicaciones), que exige la distribución ordenada y accesible de salidas eléctricas y de datos, especialmente en instalaciones audiovisuales de uso hospitalario o educativo. Se requiere un replanteamiento en la ubicación de la salida de tomacorriente o la salida HDMI para garantizar su operación independiente y cumplir con los estándares técnicos y de seguridad establecidos.

Figura 53

Interferencia de Tercer Nivel con TIC-conflicto 407 Grave

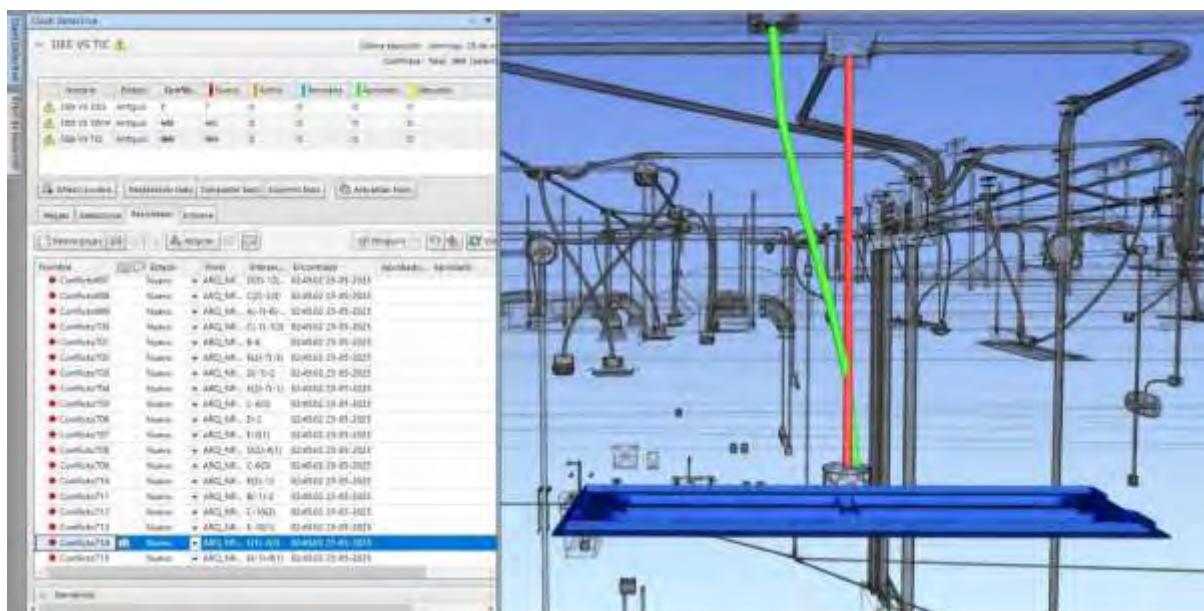


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 714 grave corresponde a la interferencia entre la salida del sensor de humo (verde) y la salida de la luminaria tipo panel (rojo) ubicada en el techo. Esta superposición evidencia la falta de coordinación espacial en el diseño de los sistemas eléctricos y de tecnologías de la información y comunicación (TIC) para el equipamiento de seguridad y la iluminación de ambientes críticos. La interferencia técnica compromete la operatividad y el mantenimiento de ambos sistemas, ya que el sensor de humo requiere un campo de detección libre de obstáculos para garantizar la detección temprana de incendios, mientras que la luminaria necesita un espacio despejado para la distribución uniforme de luz. Además, esta disposición vulnera los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Eléctricas y de Seguridad), que establece distancias mínimas de instalación entre equipos de detección y luminarias para evitar falsas alarmas, errores de lectura o accesos peligrosos durante la inspección. Se requiere replantear la ubicación del sensor de humo o de la luminaria tipo panel para garantizar su correcto funcionamiento, la seguridad de los usuarios y el cumplimiento de los estándares normativos vigentes.

Figura 54

Interferencia de Tercer Nivel con TIC-conflicto 714 Grave



Fuente: Elaboración Propia

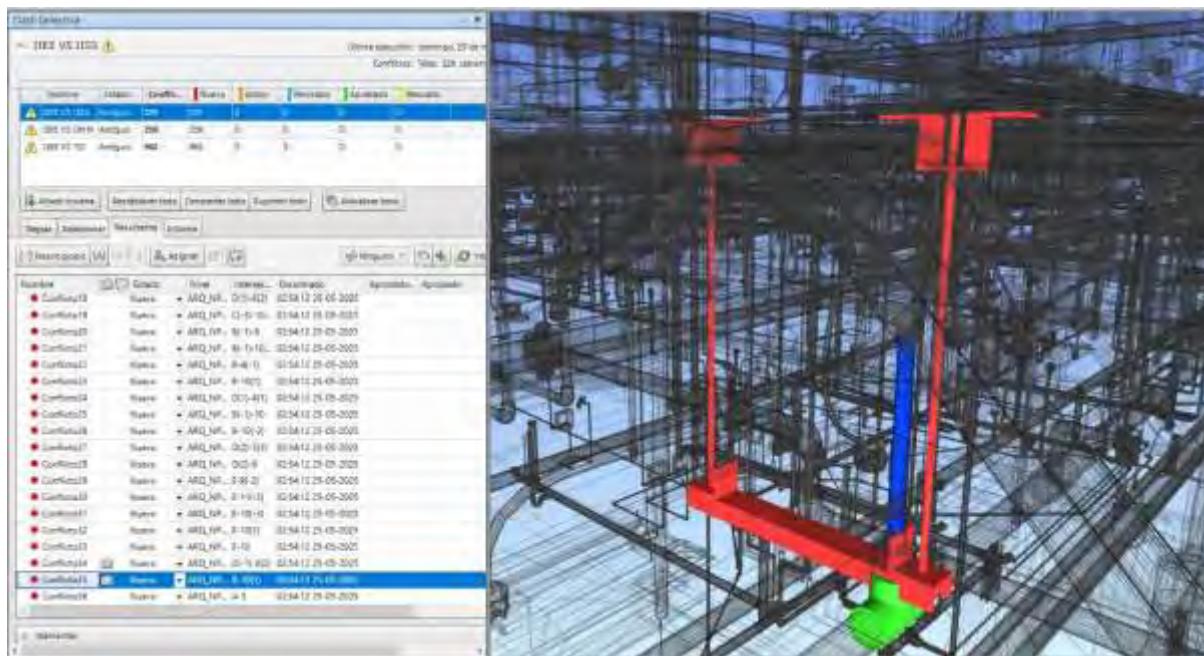
4.4.4. Interferencias Cuarto nivel

4.4.5. Interferencias de Cuarto Nivel con instalaciones sanitarias

El conflicto 35 grave corresponde a la interferencia entre el soporte a techo de la bandeja de alimentadores eléctricos (rojo) y la tubería de agua fría (verde) en el cuarto nivel. Esta superposición evidencia la falta de coordinación espacial entre las instalaciones eléctricas y sanitarias dentro del diseño general del proyecto. La interferencia genera un riesgo técnico y funcional, ya que el contacto entre el soporte metálico de la bandeja y la tubería de agua podría derivar en corrosión acelerada, dificultades para el mantenimiento de ambas instalaciones y afectaciones en la continuidad del suministro de agua. Además, desde el punto de vista normativo, vulnera los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que establecen distancias mínimas de separación para prevenir daños estructurales y facilitar el acceso seguro durante inspecciones y reparaciones.

Figura 55

Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 35 Grave

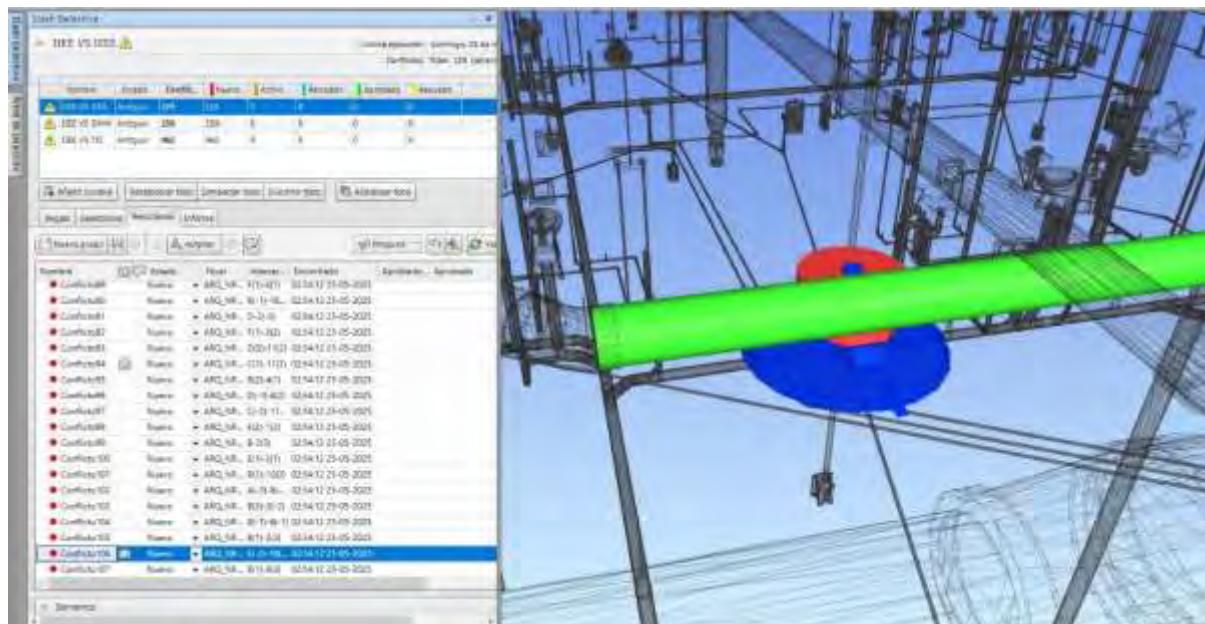


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 106 grave corresponde a la interferencia entre la tubería de desagüe de 2 pulgadas (verde) y la luminaria tipo plafón circular (rojo y azul) en el cuarto nivel. Esta sobreposición refleja la ausencia de una adecuada coordinación en la distribución espacial de los sistemas sanitarios y eléctricos. La interferencia genera un riesgo técnico y funcional, ya que el contacto directo entre la tubería de desagüe y la luminaria compromete el mantenimiento y funcionamiento de ambas instalaciones. Además, aumenta la posibilidad de filtraciones de agua sobre el sistema eléctrico, generando riesgos de cortocircuito, afectaciones a la iluminación y daños a la infraestructura. Desde el punto de vista normativo, esta situación vulnera los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que establecen la prohibición de instalar luminarias directamente debajo de tuberías de evacuación para evitar accidentes o afectaciones a la seguridad hospitalaria. Se requiere modificar el punto de luz o replantear la ruta de la tubería de desagüe para garantizar la seguridad operativa, la facilidad de mantenimiento y el cumplimiento de los estándares técnicos exigidos en instalaciones hospitalarias.

Figura 56

Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 106 Grave

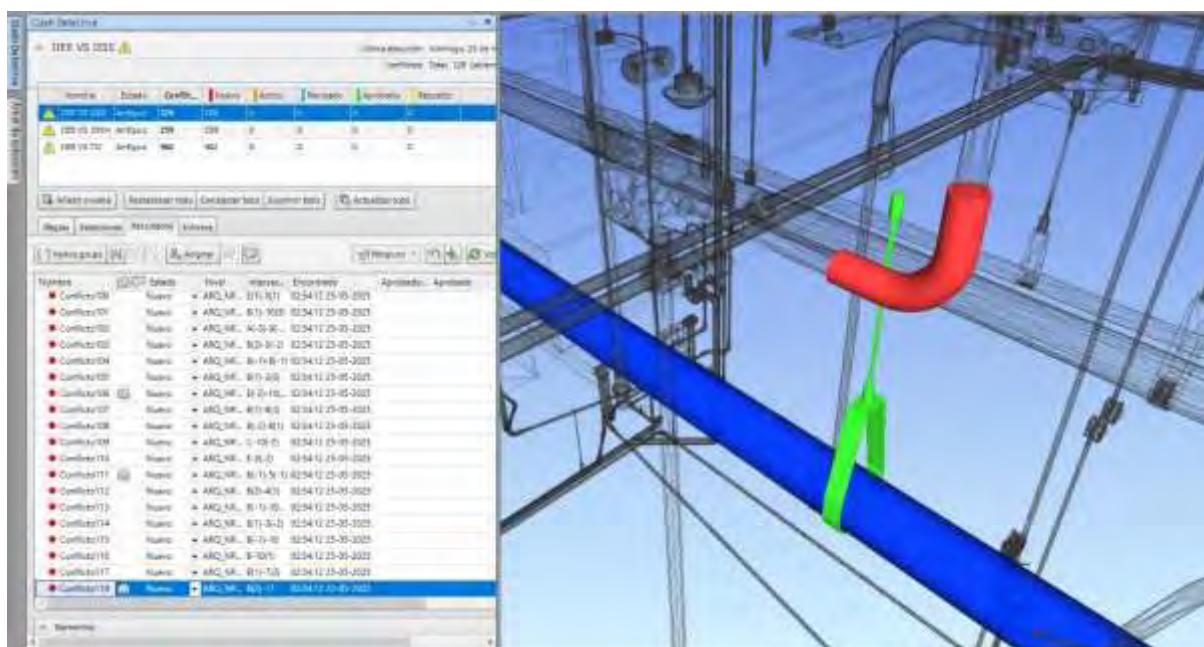


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 118 grave corresponde a la interferencia entre el soporte de tubería de desagüe (rojo y verde) y la tubería eléctrica de circuito de iluminación (azul) en el cuarto nivel. Esta situación refleja la falta de coordinación adecuada en la planificación de los sistemas sanitarios y eléctricos. La perforación de la tubería eléctrica por el soporte de la tubería de desagüe representa un riesgo técnico y de seguridad significativo, ya que podría generar daños en la protección de los conductores eléctricos, ocasionando cortocircuitos o fallos en el suministro de iluminación. Además, interfiere en la accesibilidad para mantenimiento de ambas instalaciones. Desde el punto de vista normativo, esta interferencia vulnera el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que prohíbe cualquier interferencia física o perforación de tuberías eléctricas, garantizando su integridad y seguridad operativa. Se requiere modificar el anclaje y la ubicación del soporte de la tubería de desagüe o reubicar la tubería eléctrica, asegurando un montaje libre de interferencias y compatible con los estándares de seguridad y funcionalidad establecidos para instalaciones hospitalarias.

Figura 57

Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 118 Grave

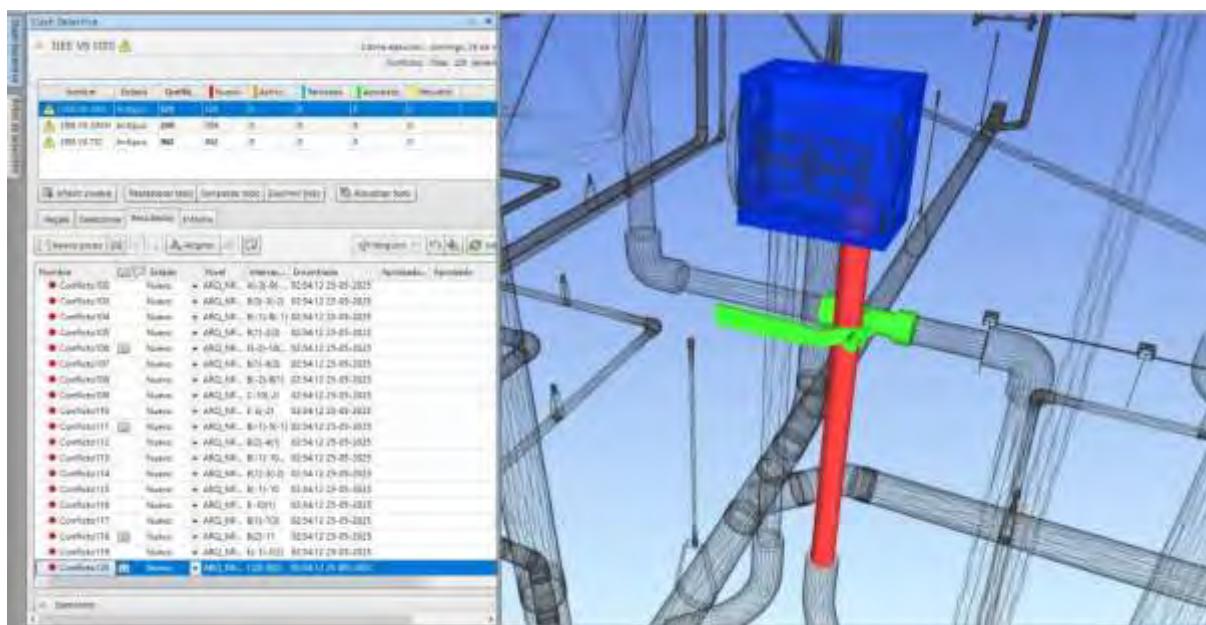


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 120 grave corresponde a la interferencia entre la tubería de agua con llave de paso (verde), la salida de tomacorriente (azul) y la tubería eléctrica (rojo) ubicada en la pared del cuarto nivel. Esta superposición evidencia la ausencia de una adecuada coordinación de diseño entre las instalaciones sanitarias y eléctricas. La cercanía de la llave de paso de agua con la salida de tomacorriente y el cruce de la tubería de agua sobre la tubería eléctrica representan un riesgo técnico y de seguridad considerable, ya que podrían ocasionar filtraciones de agua hacia el sistema eléctrico, generando cortocircuitos, daños a los equipos eléctricos y peligro de electrocución. Asimismo, desde el punto de vista normativo, vulnera los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Sanitarias y Eléctricas), que establece distancias mínimas de seguridad entre redes de agua y sistemas eléctricos para garantizar la integridad y seguridad de los usuarios. Se requiere un replanteamiento inmediato de la ubicación de la llave de paso y de las tuberías involucradas, asegurando la separación adecuada y el cumplimiento de los estándares de instalación y seguridad para infraestructuras hospitalarias.

Figura 58

Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Sanitarias-conflicto 120 Grave



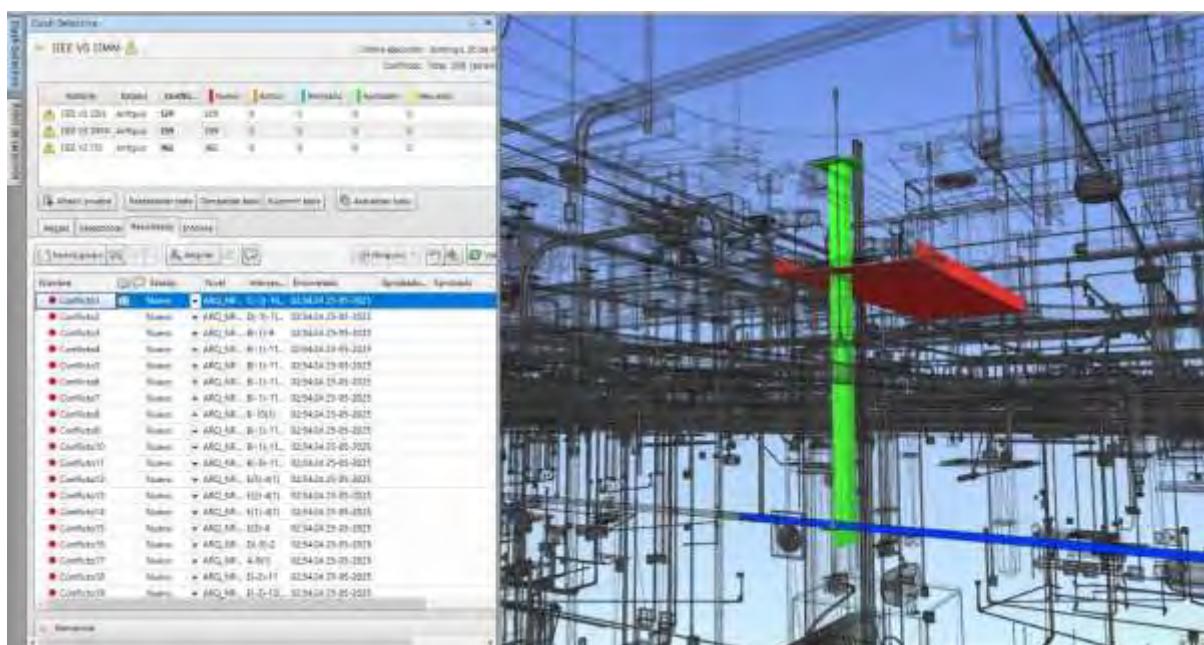
Fuente: Elaboración Propia

4.4.1. Interferencias de Cuarto Nivel con instalaciones mecánicas

El conflicto 01 grave corresponde a la interferencia entre la bandeja de alimentadores eléctricos (rojo) y el soporte a techo de la tubería de oxígeno medicinal (verde) en el cuarto nivel. Esta colisión refleja una falta de coordinación espacial entre los sistemas eléctricos y mecánicos hospitalarios. La sobreposición del soporte del oxígeno medicinal con la bandeja de alimentadores eléctricos representa un riesgo técnico y de seguridad, pues compromete la estabilidad del soporte y dificulta la instalación y mantenimiento de ambas redes. Además, podría generar vibraciones o tensiones no previstas en el sistema de tuberías de gases medicinales, afectando su integridad y poniendo en riesgo la continuidad del suministro, vital para los procesos asistenciales del establecimiento de salud. Desde el enfoque normativo, vulnera lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas y Eléctricas) y las normas técnicas para gases medicinales, que exigen rutas de instalación libres de interferencias, garantizando su accesibilidad y mantenimiento seguro.

Figura 59

Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 01 Grave

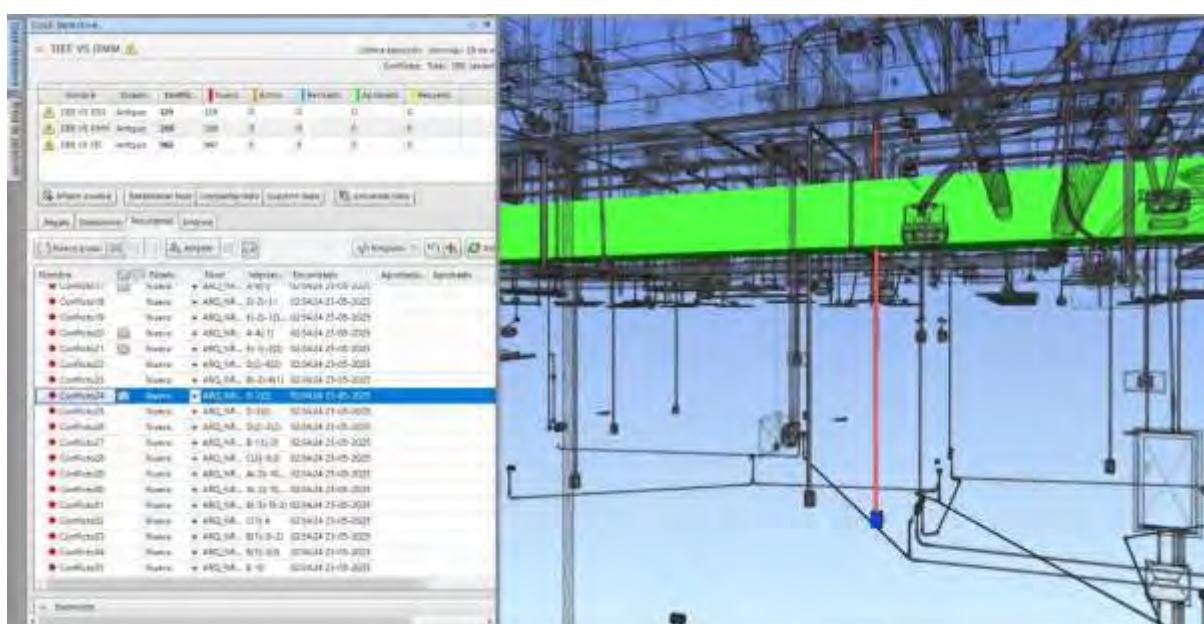


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 24 grave corresponde a la interferencia entre la bajada de tubería para interruptor (rojo) y el ducto de recirculación de aire (verde) en el cuarto nivel. Este cruce evidencia una deficiencia en la coordinación espacial de los sistemas eléctricos y mecánicos dentro de la edificación. La sobreposición de la tubería del interruptor con el ducto de recirculación de aire representa un riesgo técnico y funcional, ya que impide la correcta instalación y mantenimiento de ambos sistemas. Además, puede generar obstrucciones en el flujo de aire, afectando el rendimiento del sistema de climatización y ventilación, el cual es vital para la confortabilidad y la calidad del aire interior en zonas hospitalarias. Desde el punto de vista normativo, este tipo de interferencias contraviene lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Mecánicas y Eléctricas), que requiere rutas de instalaciones libres de colisiones, seguras y accesibles para inspección y mantenimiento. Se requiere replantear el recorrido de la tubería eléctrica o la ubicación del ducto de recirculación de aire para garantizar la funcionalidad y seguridad de ambos sistemas, además de asegurar el cumplimiento con los estándares técnicos y normativos aplicables al diseño hospitalario.

Figura 60

Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 24 Grave

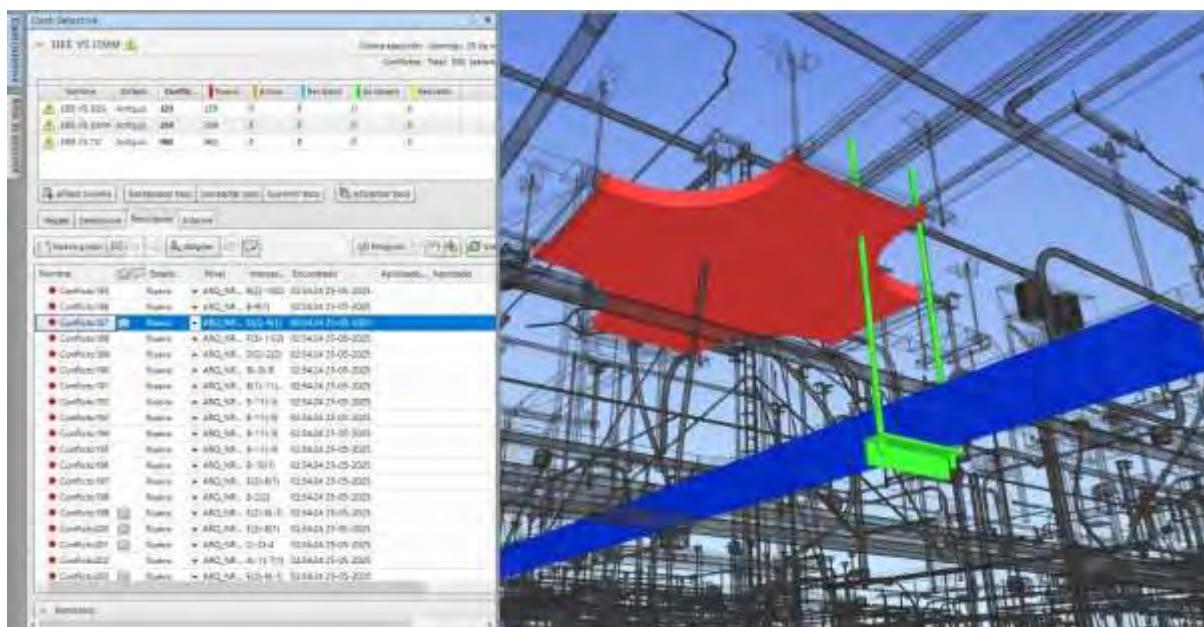


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 187 grave corresponde a la interferencia entre el soporte a techo del ducto de recirculación de aire (verde) y la bandeja de alimentadores eléctricos (azul) en el cuarto nivel. Esta superposición evidencia una falta de coordinación en la distribución espacial de las instalaciones mecánicas y eléctricas dentro del proyecto. La colisión de estos elementos representa un riesgo técnico y funcional, ya que compromete tanto la integridad estructural del soporte de ductos como la seguridad de las bandejas eléctricas, pudiendo provocar vibraciones o sobrecargas en el sistema de anclaje. Asimismo, puede dificultar las labores de mantenimiento y aumentar la posibilidad de incidencias operativas. Desde el punto de vista normativo, esta interferencia incumple los lineamientos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Mecánicas y Eléctricas), que estipulan el diseño de instalaciones sin interferencias, con accesibilidad y seguridad garantizadas para cada sistema, en especial para aquellos destinados a la climatización y distribución eléctrica. Se requiere replantear el recorrido de la bandeja de alimentadores eléctricos o el diseño del soporte del ducto de recirculación de aire para eliminar el cruce.

Figura 61

Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 187 Grave

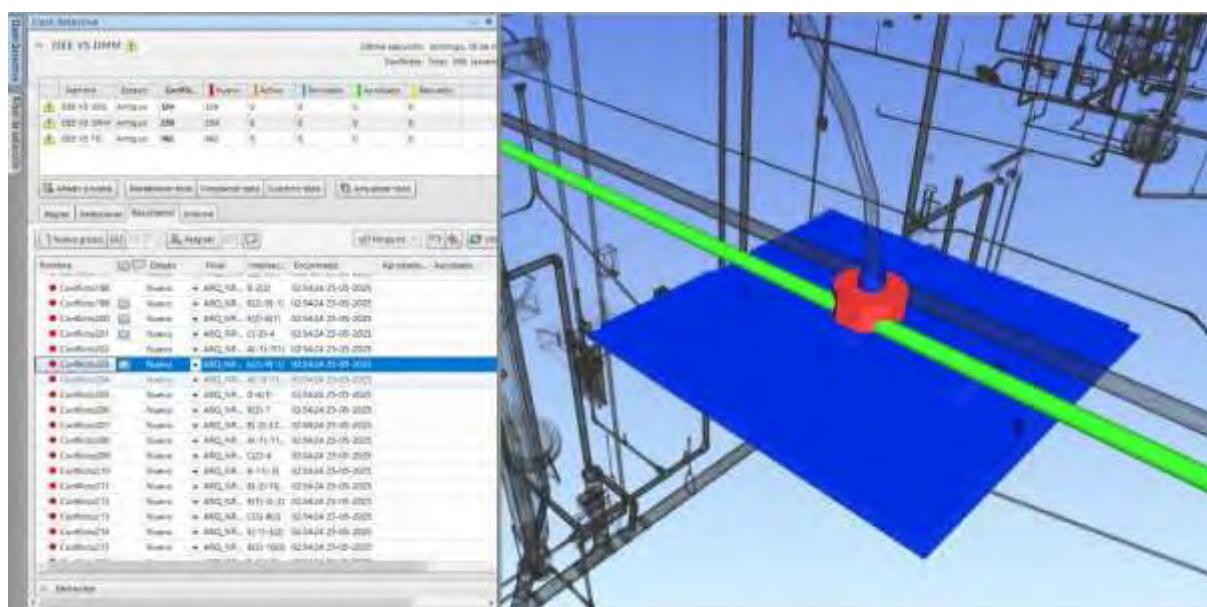


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 203 grave corresponde a la interferencia entre la luminaria tipo panel (azul) y la tubería de oxígeno medicinal (verde) en el cuarto nivel. Esta intersección refleja una deficiente coordinación en el diseño y distribución de las instalaciones mecánicas y eléctricas, generando un riesgo operativo en zonas hospitalarias. La superposición directa de la luminaria con la tubería de oxígeno representa un problema técnico crítico, ya que puede obstaculizar el acceso para mantenimiento de ambos sistemas, afectar la distribución uniforme de la iluminación y comprometer la seguridad del sistema de gases medicinales, el cual requiere recorridos libres y sin interferencias para garantizar su correcta operación y cumplir con protocolos de inspección. Desde el enfoque normativo, esta situación incumple las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Mecánicas y Eléctricas) y las normas técnicas para gases medicinales, que prohíben la ubicación de elementos constructivos o eléctricos que bloquen u obstruyan su recorrido y accesibilidad. Para su solución, se requiere un replanteamiento inmediato de la posición de la luminaria tipo panel o del trazado de la tubería de oxígeno medicinal, asegurando la continuidad operativa.

Figura 62

Interferencia de Cuarto Nivel con Instalaciones Mecánicas-conflicto 203 Grave

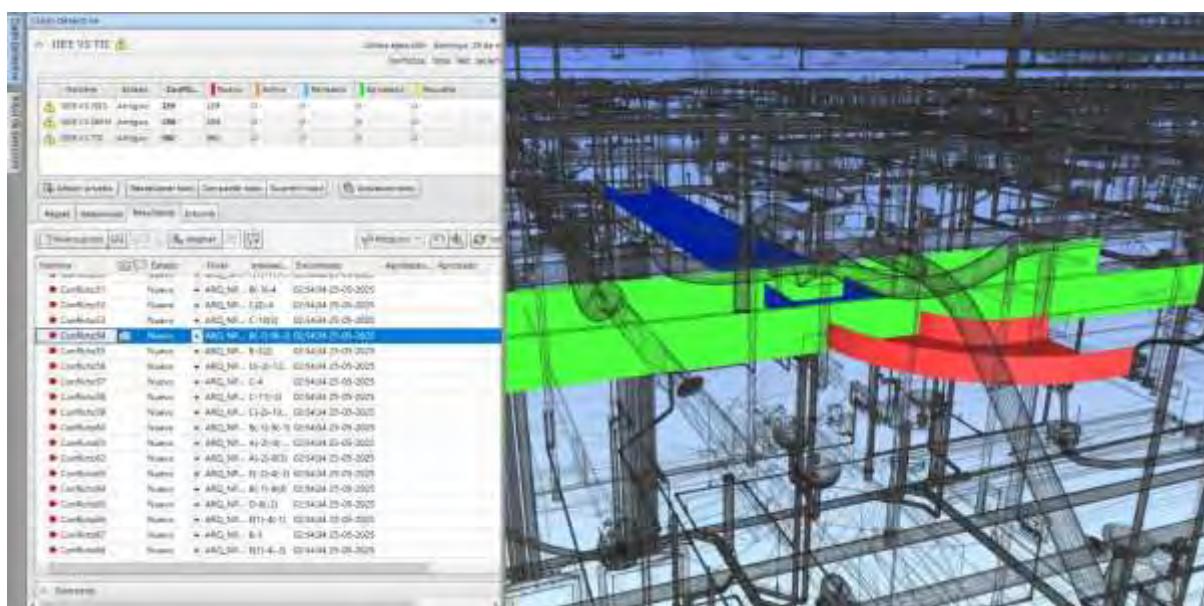


4.4.2. Interferencias de Cuarto Nivel con TIC

El conflicto 54 grave corresponde a la interferencia entre el soporte de bandejas de alimentadores eléctricos (rojo) y la bandeja de distribución de comunicaciones (azul) en el cuarto nivel. Este cruce evidencia una falta de coordinación en la disposición espacial de las instalaciones eléctricas y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). La superposición directa de los soportes de las bandejas eléctricas con la bandeja de comunicaciones genera un riesgo operativo y de mantenimiento, ya que compromete el acceso adecuado para inspección, reparación o reemplazo de cualquiera de los sistemas afectados. Además, puede producir daños en los cables de datos, interferencias electromagnéticas y dificultades en la organización del cableado estructurado. Desde un enfoque normativo, esta situación contraviene los requisitos establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Eléctricas y de Comunicaciones) y los estándares de cableado estructurado (TIA/EIA-568), que exigen la instalación de bandejas y soportes sin interferencias físicas ni cruzamientos con elementos de otros sistemas.

Figura 63

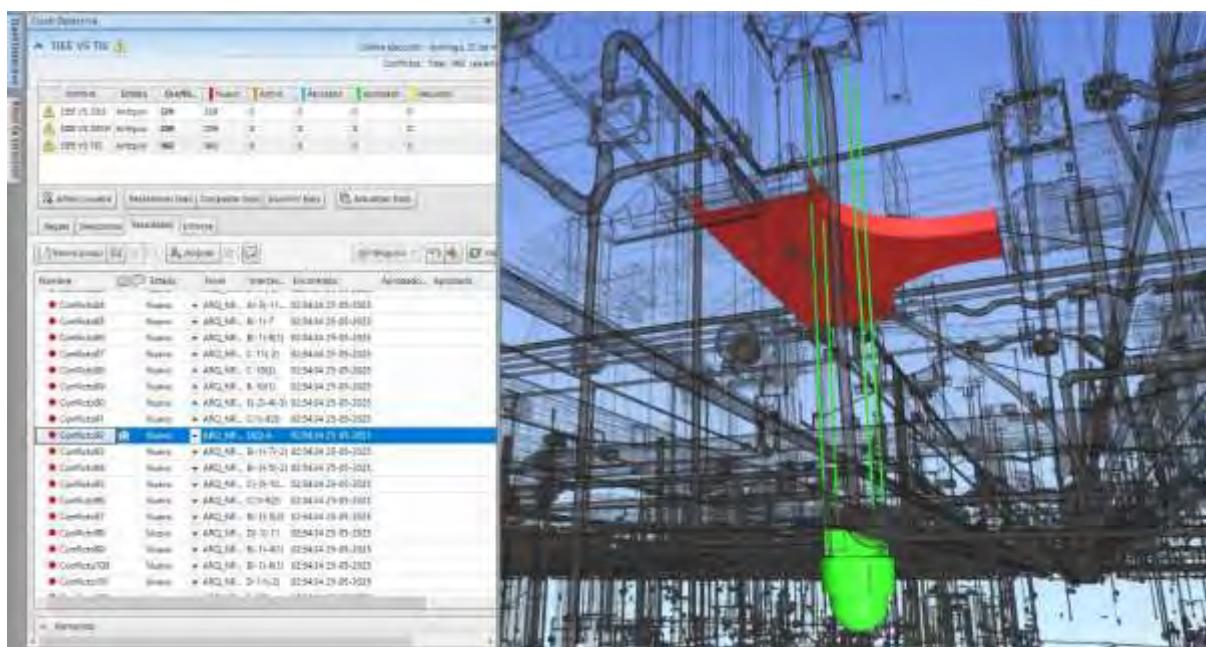
Interferencia de Cuarto Nivel con TIC-conflicto 54 Grave



El conflicto 92 grave corresponde a la interferencia entre la suspensión de la cámara tipo domo (verde) y el soporte a techo de las bandejas de alimentadores eléctricos (rojo) en el cuarto nivel. Esta sobreposición evidencia una falta de coordinación en la distribución de los sistemas eléctricos y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). La instalación de la cámara directamente bajo el soporte de la bandeja genera un riesgo técnico y funcional, ya que limita el rango de visión y cobertura del dispositivo de videovigilancia, además de dificultar su mantenimiento o posible reemplazo. También compromete la accesibilidad al soporte de bandejas, aumentando el riesgo de incidentes durante trabajos eléctricos y afectando la operatividad del sistema de seguridad. Desde el enfoque normativo, esta situación contraviene los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Eléctricas y de Comunicaciones) y los estándares de instalación de sistemas CCTV, los cuales exigen ubicación libre de obstáculos y con accesibilidad adecuada para inspección y mantenimiento preventivo.

Figura 64

Interferencia de Cuarto Nivel con TIC-conflicto 92 Grave

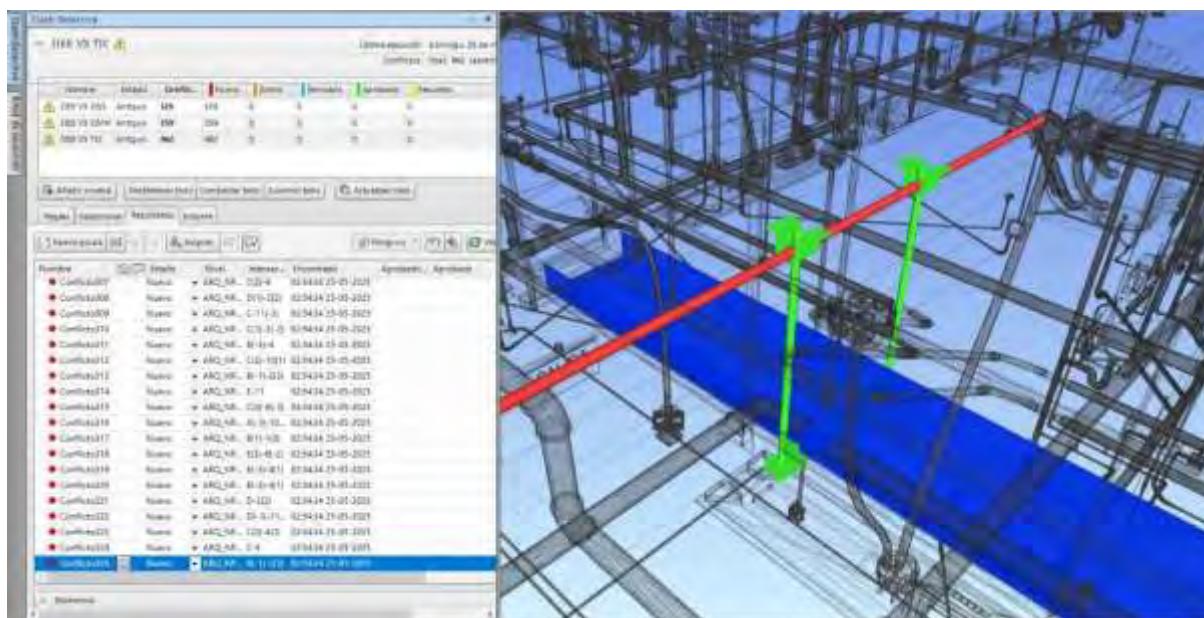


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 325 grave corresponde a la interferencia entre la suspensión de la tubería de comunicaciones (rojo) y el soporte a techo de las bandejas de alimentadores eléctricos (verde) en el cuarto nivel. Esta sobreposición refleja una falta de coordinación en la distribución de los sistemas eléctricos y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). La ubicación de la tubería de comunicaciones cruzando el soporte de la bandeja representa un riesgo técnico y funcional, ya que obstaculiza la accesibilidad para el mantenimiento de ambos sistemas, limita los espacios de inspección y puede generar esfuerzos mecánicos no previstos sobre las tuberías de comunicaciones, afectando su integridad y continuidad de servicio. Desde el punto de vista normativo, esta situación incumple los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE – Instalaciones Eléctricas y de Comunicaciones), que establece la necesidad de trayectos libres de interferencias para las tuberías de comunicaciones y accesibilidad adecuada para inspección, mantenimiento y seguridad operacional. Se requiere un replanteamiento de la trayectoria de la tubería de comunicaciones o de los soportes de las bandejas de alimentadores eléctricos para garantizar la seguridad operativa.

Figura 65

Interferencia de Cuarto Nivel con TIC-conflicto 325 Grave

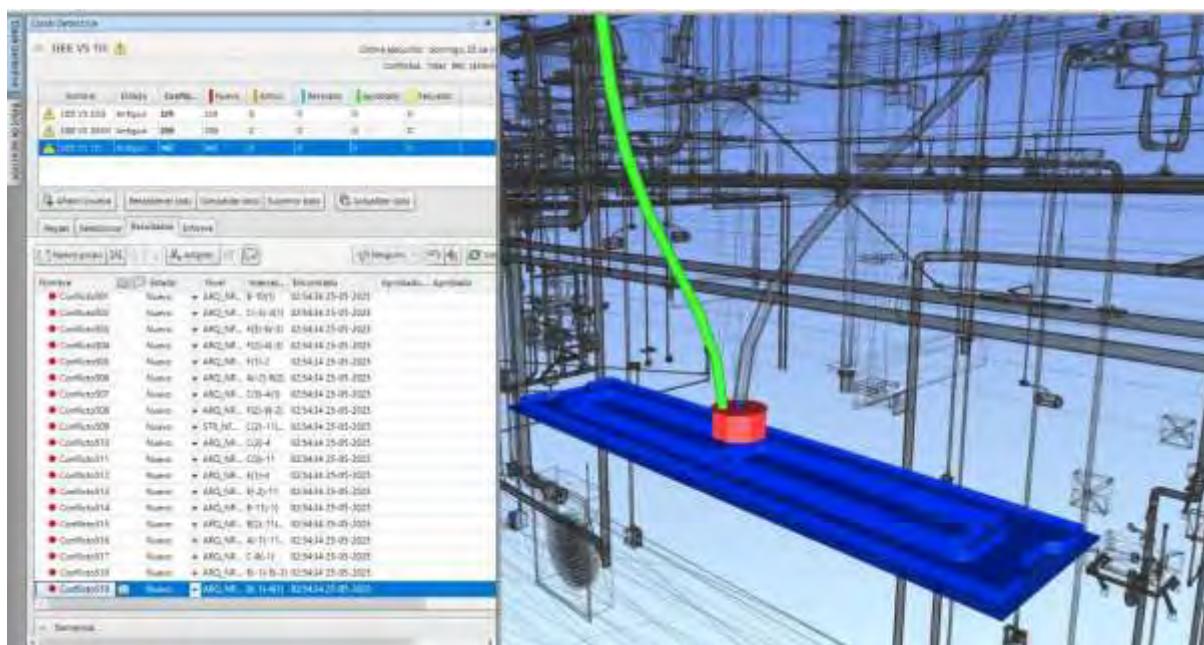


Fuente: Elaboración Propia

El conflicto 519 grave corresponde a la interferencia entre el soporte de la salida del sensor de humo (verde) y la salida de la luminaria tipo panel (azul) en el techo del cuarto nivel. Esta sobreposición evidencia una deficiencia en la coordinación de los sistemas eléctricos y de tecnologías de la información y comunicación (TIC). La ubicación del soporte del sensor de humo interceptando con la luminaria tipo panel genera un riesgo técnico y funcional, ya que compromete la instalación segura del sensor de humo, limita su campo de detección y, a su vez, obstruye la distribución uniforme de iluminación en el ambiente. Además, interfiere en las labores de mantenimiento y verificación de ambos dispositivos. Desde el punto de vista normativo, este conflicto vulnera el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - Instalaciones Eléctricas y Sistemas de Detección de Incendios), que exige la instalación de sensores de humo en ubicaciones libres de obstáculos y de luminarias sin interferencias, garantizando su correcto funcionamiento para la seguridad contra incendios. Se requiere replantear la ubicación de la salida de luz o la del sensor de humo para evitar interferencias.

Figura 66

Interferencia de Cuarto Nivel con TIC-conflicto 519 Grave



Fuente: Elaboración Propia

4.5. Proceso de detección de interferencias en Navisworks

En esta sección se describe el procedimiento realizado para la identificación de interferencias utilizando el software Autodesk Navisworks. Se detalla la metodología empleada para la detección de conflictos entre las distintas especialidades del proyecto, considerando la importación de los modelos, la configuración de las pruebas de choque y la clasificación de las interferencias encontradas.

La Tabla 11 presenta el primer reporte de interferencias detectadas en el diseño inicial del primer nivel, clasificadas según especialidad.

Tabla 10

Interferencias Primer Nivel – Reporte Inicial por Especialidad

PRIMER NIVEL				
PRIMER REPORTE DE INTERFERENCIAS DISEÑO INICIAL				
Ítem	Especialidad	Especialidad	# Interferencias	%
1	Inst. Eléctricas	Inst. Sanitarias	18	1.85
2	Inst. Eléctricas	Inst. Mecánicas	167	17.18
3	Inst. Eléctricas	Inst. TIC	787	80.97
TOTAL, DE INTERFERENCIAS INICIAL			972	100%

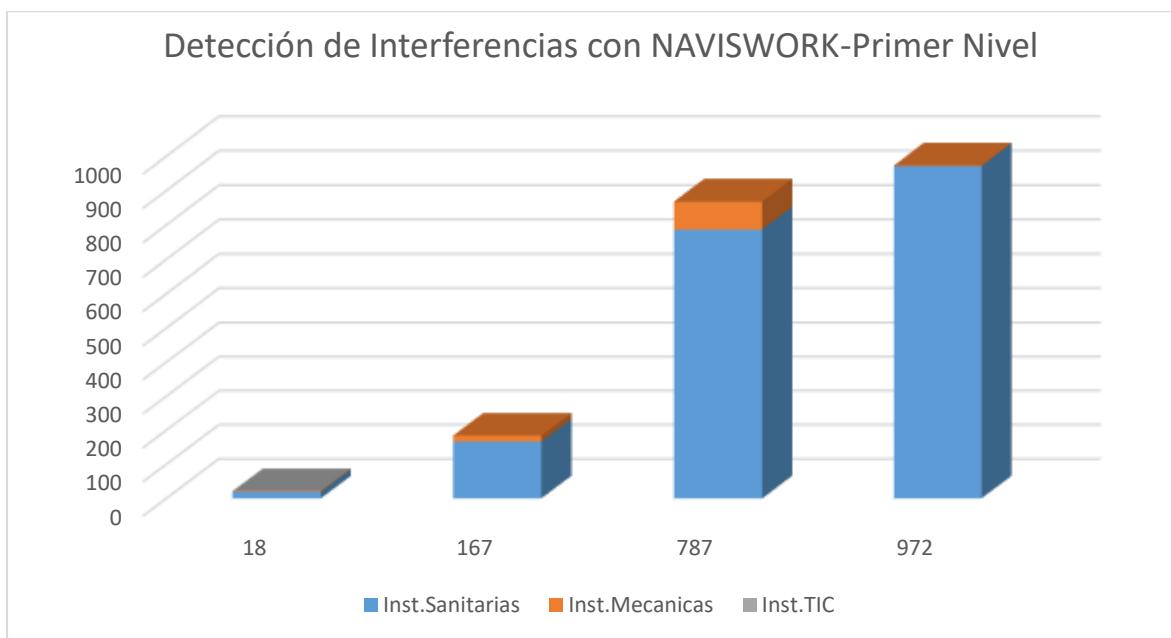
Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el mayor porcentaje de interferencias corresponde a conflictos entre las instalaciones eléctricas y las instalaciones de tecnologías de la información y comunicación (TIC), representando un 80.97% del total, equivalente a 787 interferencias. Este resultado refleja una falta de coordinación en la distribución de bandejas eléctricas y de comunicaciones, generando sobreposiciones recurrentes en el modelo. Por otro lado, las interferencias entre las instalaciones eléctricas y mecánicas representan un 17.18%, con 167 conflictos, evidenciando también problemas de compatibilidad espacial, especialmente con ductos de aire acondicionado y tuberías de gases medicinales, como se ha verificado en las detecciones de

casos graves. Finalmente, las interferencias entre instalaciones eléctricas y sanitarias tienen una incidencia menor, representando solo el 1.85% (18 interferencias), aunque estas, a pesar de su baja cantidad, pueden requerir replanteos en puntos críticos como lavatorios, tuberías de desagüe o llaves de paso.

Figura 67

Distribución de interferencias detectadas – Primer Nivel según especialidad (diseño inicial)



Fuente: Elaboración Propia

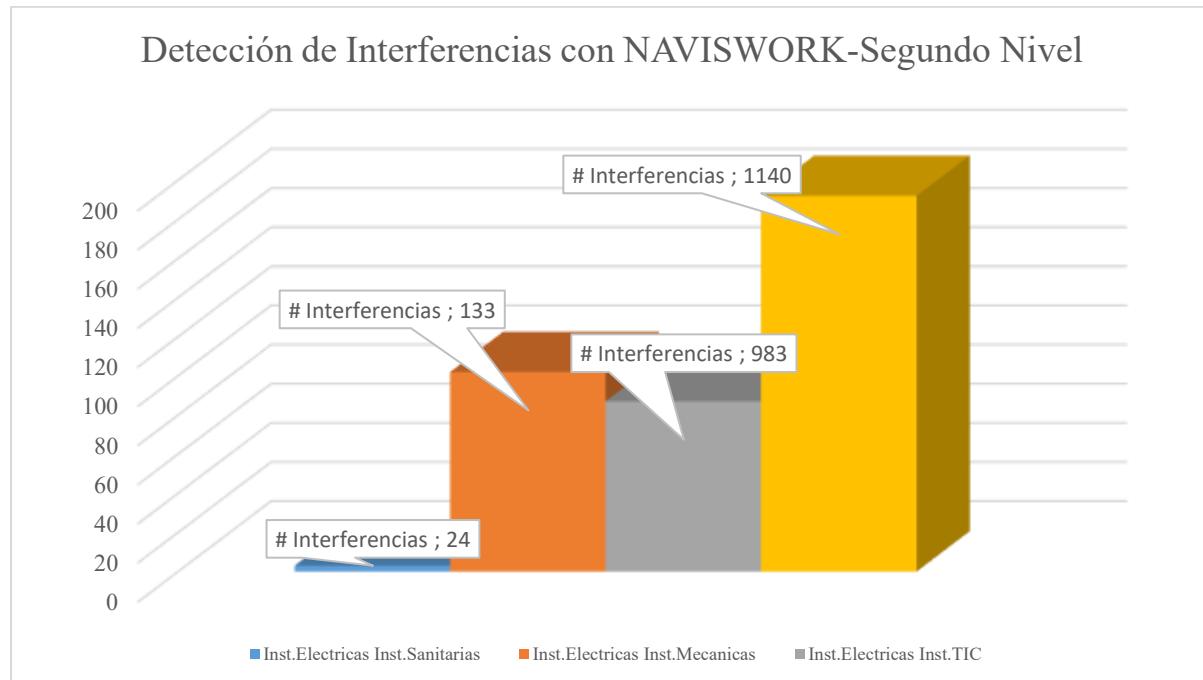
En el segundo nivel se identificaron 1140 interferencias totales durante el primer reporte de diseño inicial. La mayor proporción corresponde a las interferencias entre instalaciones eléctricas y TIC, representando el 86.23% del total, seguido por las interferencias con instalaciones mecánicas (11.67%) y en menor medida con instalaciones sanitarias (2.11%). Este patrón es consistente con el primer nivel, mostrando que la coordinación entre los sistemas eléctricos y TIC continúa siendo el principal desafío en la etapa de diseño. La priorización de su revisión permitirá disminuir el número de conflictos críticos durante la ejecución.

Tabla 11*Interferencias Segundo Nivel – Reporte Inicial por Especialidad*

SEGUNDO NIVEL				
PRIMER REPORTE DE INTERFERENCIAS DISEÑO INICIAL				
Ítem	Especialidad	Especialidad	# Interferencias	%
1	Inst. Eléctricas	Inst. Sanitarias	24	2.11
2	Inst. Eléctricas	Inst. Mecánicas	133	11.67
3	Inst. Eléctricas	Inst. TIC	983	86.23
TOTAL, DE INTERFERENCIAS INICIAL			1140	100%

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Figura 68, la distribución de interferencias detectadas en el segundo nivel refleja la predominancia de conflictos con instalaciones TIC, seguida de mecánicas y sanitarias, coherente con los resultados descritos en el análisis previo.

Figura 68*Distribución de interferencias detectadas – Segundo Nivel según especialidad (diseño inicial)*

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 13 presenta el reporte inicial de interferencias detectadas en el tercer nivel, evidenciando un total de 1437 conflictos. Del total, las interferencias con instalaciones TIC representan la mayor proporción con 67.43% (969 casos), seguidas por las interferencias con instalaciones mecánicas que alcanzan un 32.08% (461 casos). Las interferencias con instalaciones sanitarias registran la menor incidencia, con solo el 0.49% (7 casos).

Tabla 12

Interferencias Tercer Nivel – Reporte Inicial por Especialidad

TERCER NIVEL				
PRIMER REPORTE DE INTERFERENCIAS DISEÑO INICIAL				
Ítem	Especialidad	Especialidad	# Interferencias	%
1	Inst. Eléctricas	Inst. Sanitarias	7	0.49
2	Inst. Eléctricas	Inst. Mecánicas	461	32.08
3	Inst. Eléctricas	Inst. TIC	969	67.43
TOTAL, DE INTERFERENCIAS INICIAL			1437	100%

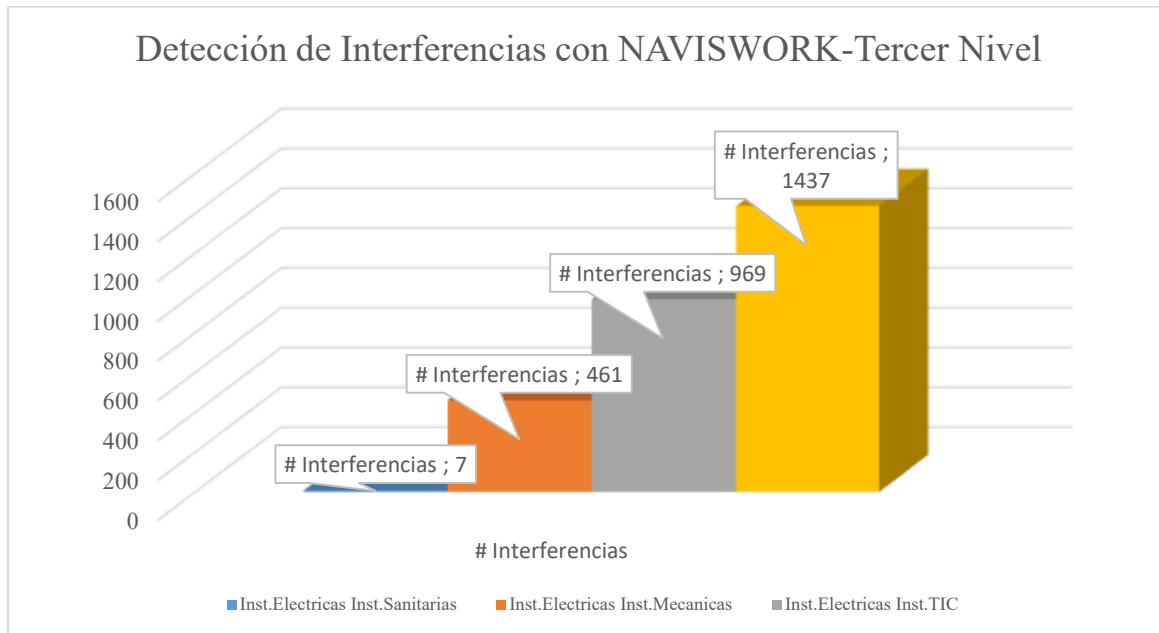
Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados indican que la coordinación con las instalaciones TIC continúa siendo el principal punto crítico en el diseño eléctrico del tercer nivel, similar a lo evidenciado en los niveles previos. Sin embargo, se observa un aumento considerable en el porcentaje de interferencias con las instalaciones mecánicas respecto al primer y segundo nivel, lo que sugiere la necesidad de optimizar la revisión de rutas y distribución espacial de las bandejas, ductos y tuberías mecánicas en esta zona. La baja incidencia de conflictos con instalaciones sanitarias refleja una adecuada segregación y compatibilidad en esta especialidad.

Según la Figura 69, se confirma que las interferencias con instalaciones TIC representan más de la mitad de los conflictos detectados en el tercer nivel, mientras que las interferencias mecánicas ocupan un segundo lugar significativo, coherente con lo expuesto en la Tabla 13.

Figura 69

Distribución de interferencias detectadas – Tercer Nivel según especialidad (diseño inicial)



Fuente: Elaboración Propia

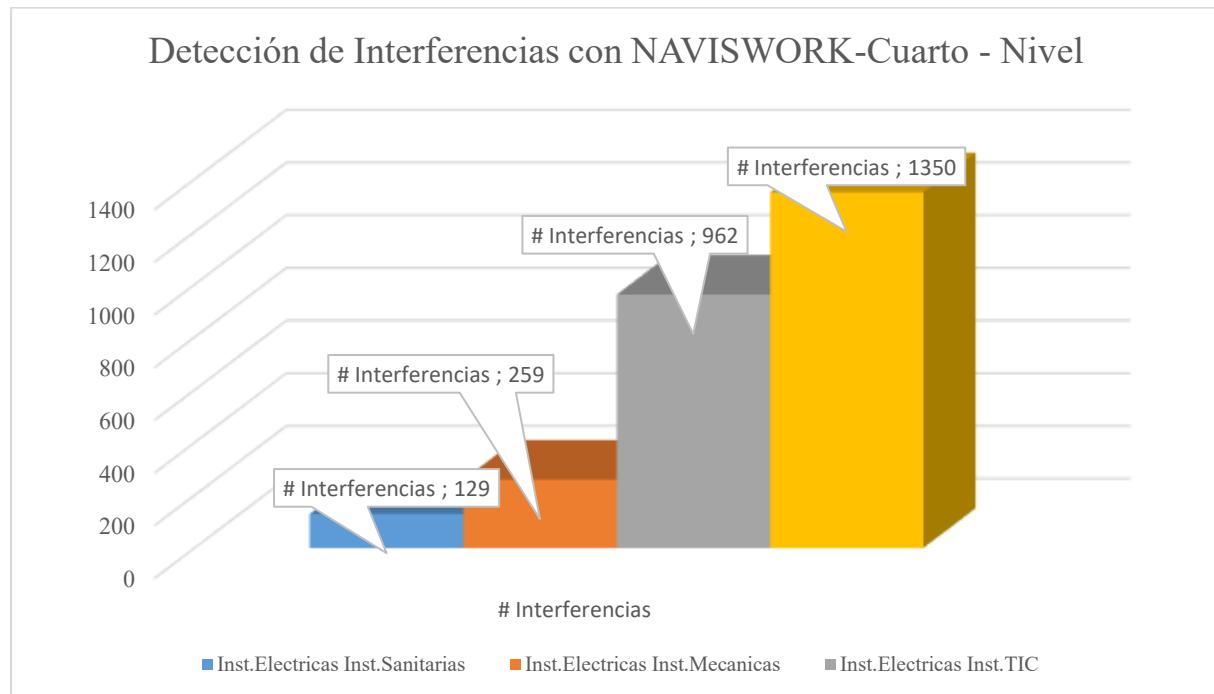
La Tabla 14 presenta el reporte inicial de interferencias detectadas en el cuarto nivel del proyecto, evidenciando un total de 1350 interferencias. Se observa que el mayor porcentaje corresponde nuevamente a las interferencias entre instalaciones eléctricas y TIC, con un 71.26%, lo cual reafirma la tendencia de conflictos significativos con los sistemas de tecnología de la información en los diferentes niveles. En segundo lugar, las interferencias con instalaciones mecánicas representan el 19.19% del total, mientras que las interferencias con instalaciones sanitarias registran el menor porcentaje, con un 9.56%. Este comportamiento refleja la necesidad de replantear los diseños de bandejas eléctricas y recorridos de TIC, así como la coordinación con el modelado mecánico para evitar sobreposiciones, dado que la alta cantidad de conflictos con TIC puede deberse a la complejidad de los tendidos de cableado y su interacción con las bandejas eléctricas y soportes estructurales, es por ello que estas interferencias estén corregidas en las etapas de coordinación para evitar retrabajos en obra y garantizar el cumplimiento de los espacios mínimos de mantenimiento y operación segura.

Tabla 13*Interferencias Cuarto Nivel – Reporte Inicial por Especialidad*

CUARTO NIVEL				
PRIMER REPORTE DE INTERFERENCIAS DISEÑO INICIAL				
Ítem	Especialidad	Especialidad	# Interferencias	%
1	Inst. Eléctricas	Inst. Sanitarias	129	9.56
2	Inst. Eléctricas	Inst. Mecánicas	259	19.19
3	Inst. Eléctricas	Inst. TIC	962	71.26
TOTAL, DE INTERFERENCIAS INICIAL			1350	100%

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Figura 70, la distribución de interferencias detectadas en el cuarto nivel evidencia un predominio de conflictos con instalaciones TIC, seguido de mecánicas y sanitarias.

Figura 70*Distribución de interferencias detectadas – Cuarto Nivel según especialidad (diseño inicial)*

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

INTEGRACIÓN DEL SOFTWARE REVIT-MEP EN LA GESTIÓN BIM DEL DISEÑO ELÉCTRICO

5.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se aborda la integración del software Revit-MEP como herramienta fundamental en la gestión BIM aplicada al diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 de Santo Tomás. Luego de haber desarrollado la distribución completa de las instalaciones eléctricas y realizado la identificación y evaluación de interferencias, se asegura que todas estas interferencias hayan sido detectadas y corregidas satisfactoriamente dentro del modelo BIM. La implementación de Revit-MEP ha permitido modelar en detalle cada uno de los componentes eléctricos, facilitando su coordinación con las demás especialidades involucradas en el proyecto. Este proceso garantiza un diseño eléctrico libre de interferencias, cumpliendo con los estándares normativos vigentes y contribuyendo a evitar paralizaciones durante la etapa constructiva.

5.2. Aplicación práctica de Revit-MEP para instalaciones eléctricas

La aplicación práctica de Revit-MEP en este proyecto consistió en elaborar el modelo de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 de Santo Tomás. El proceso inició con la importación del modelo arquitectónico base, donde se definió la ubicación de los componentes eléctricos: tableros generales, tableros seccionales, canalizaciones, bandejas portacables, tomacorrientes, interruptores y luminarias, según el programa arquitectónico y los requerimientos de diseño.

Luego, se configuraron los circuitos eléctricos en Revit-MEP, asignando cargas específicas a cada tablero y distribuyendo los circuitos derivados conforme a la normativa nacional. Este modelado permitió visualizar en 3D la disposición de las canalizaciones y su

interacción con elementos estructurales, sanitarios y mecánicos. Se usaron herramientas de etiquetado y dimensionamiento automático para los componentes, generando planos eléctricos actualizados en tiempo real con cada modificación, optimizando el diseño y reduciendo errores. Finalmente, el modelo se exportó a Navisworks Manage para detectar interferencias y coordinar con las demás especialidades. Esta aplicación práctica de Revit-MEP permitió gestionar la información eléctrica con precisión y generar un expediente técnico completo y libre de conflictos para su construcción.

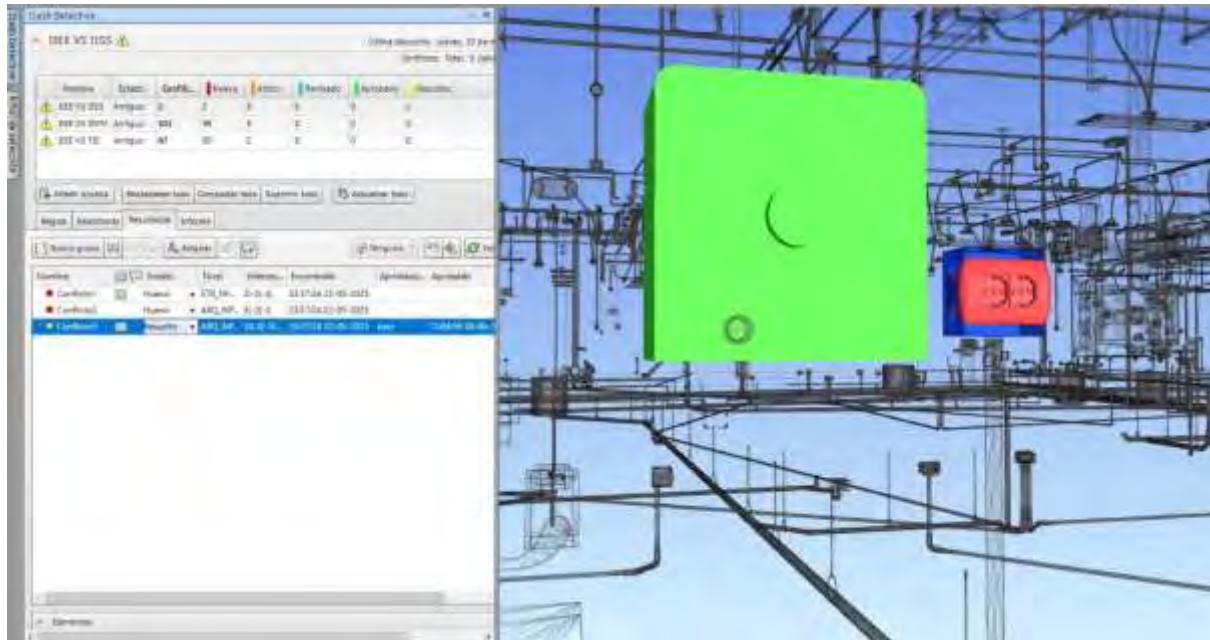
5.3. Interferencias Corregidas Primer nivel

5.3.1. *Interferencias Corregidas de Primer nivel con instalaciones sanitarias*

Durante el análisis de interferencias entre instalaciones eléctricas y sanitarias se detectó el Conflicto 05, clasificado como grave. Este conflicto consistía en la colisión del tomacorriente destinado a la salida de la secadora de manos con el dispensador de jabón instalado en el mismo muro del ambiente sanitario. El problema se identificó mediante el proceso de Clash Detection realizado en Navisworks Manage, donde se evidenció que la ubicación original del tomacorriente impedía la instalación correcta del dispensador, afectando la operatividad y ergonomía del usuario. Para corregir la interferencia se realizó la reubicación del tomacorriente, desplazándolo lateralmente fuera del rango de interferencia y manteniendo su funcionalidad, además de cumplir con las distancias mínimas normativas para conexiones en ambientes húmedos. Esta corrección aseguró la adecuada instalación de ambos elementos, evitando conflictos en la obra y contribuyendo a un diseño eléctrico seguro, coordinado y libre de errores constructivos.

Figura 71

Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 05 Grave

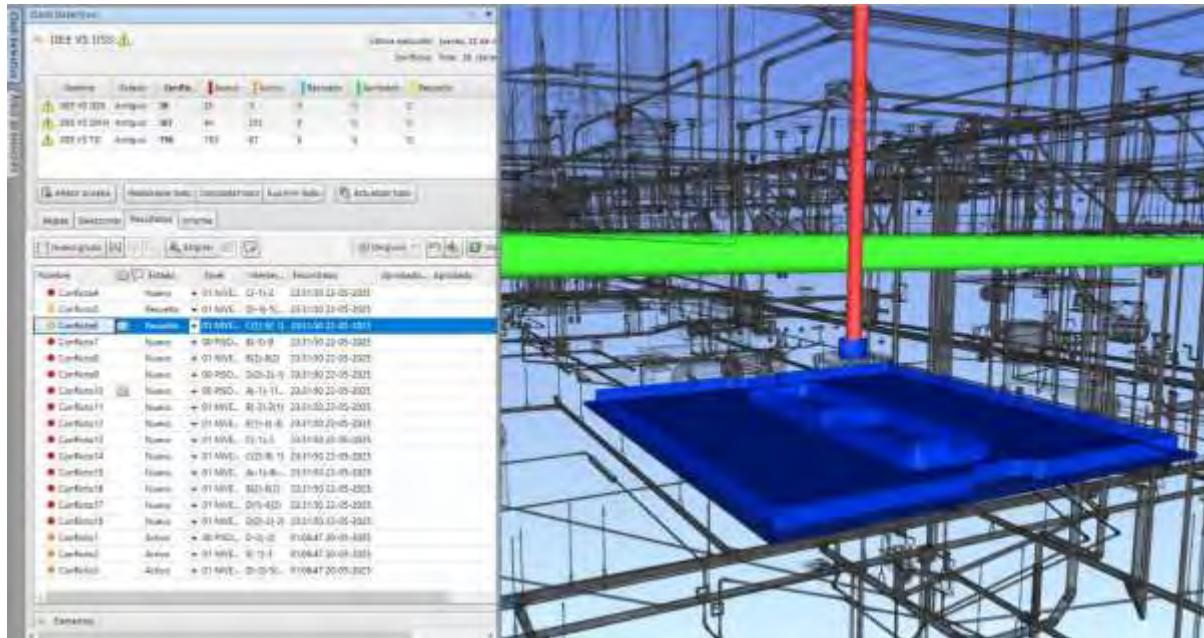


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias entre las instalaciones eléctricas y sanitarias se detectó el Conflicto 06, clasificado como grave. La interferencia consistía en que la ubicación de una luminaria coincidía con el trazado de la tubería de desagüe, generando un conflicto constructivo. Para su solución se realizó el desplazamiento de la luminaria a una posición cercana, manteniendo una distancia prudente con la tubería de desagüe y cumpliendo con el cálculo lumínico exigido por la norma, asegurando los niveles de iluminación requeridos en el ambiente. Esta corrección se realizó en el modelo Revit-MEP y fue verificada mediante Clash Detection en Navisworks Manage, confirmando la eliminación del conflicto. La reubicación se ejecutó sin afectar la distribución general del sistema eléctrico ni el cumplimiento de los parámetros de diseño, garantizando un modelo coordinado, funcional y libre de interferencias para la etapa de construcción.

Figura 72

Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 06 Grave

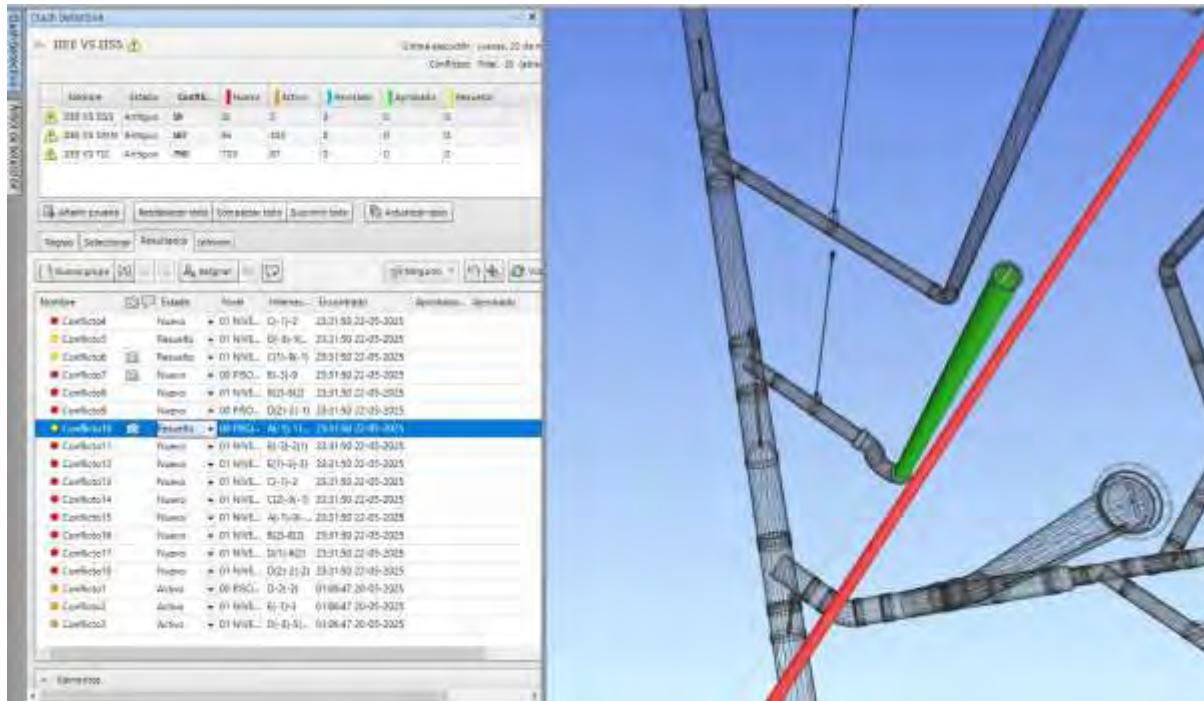


Fuente: Elaboración Propia

En el análisis de interferencias entre instalaciones eléctricas y sanitarias se identificó el Conflicto 10, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la intersección de la tubería de sumidero de desagüe con la tubería de alimentación al tomacorriente de piso. El conflicto fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que ambas tuberías ocupaban la misma trayectoria vertical, generando un riesgo constructivo. La solución aplicada fue el desplazamiento de la tubería de alimentación al tomacorriente, modificando su trayectoria y distancia respecto a la tubería de desagüe para evitar la intersección. Esta corrección mantuvo las condiciones de instalación eléctrica según norma, sin afectar la distribución de puntos eléctricos ni el recorrido de la red sanitaria. Con esta modificación, se garantizó la continuidad funcional de ambos sistemas y la coordinación interdisciplinaria del modelo, asegurando un diseño constructivo libre de interferencias para su ejecución en obra.

Figura 73

Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 10 Grave

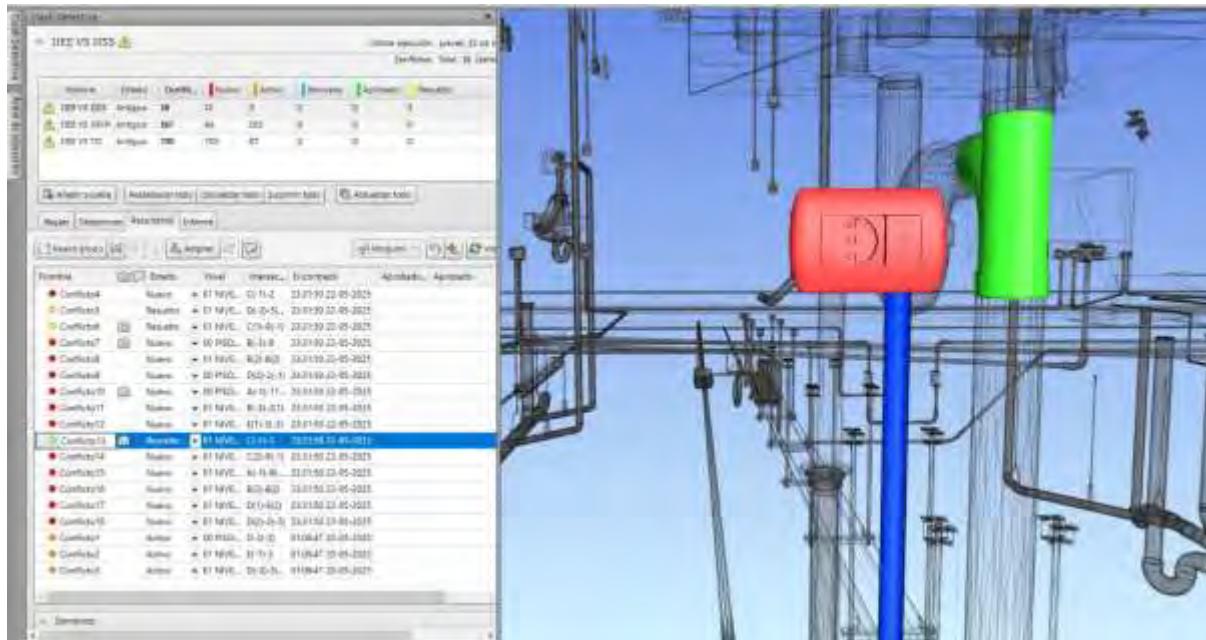


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias entre las instalaciones eléctricas y sanitarias se detectó el Conflicto 13, clasificado como grave. La interferencia correspondía a la colisión del tomacorriente empotrado en muro con el montante de desagüe de tubería de 2" ubicado en la misma pared. El problema fue identificado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, evidenciando que el espacio requerido para la instalación del tomacorriente era ocupado parcialmente por la tubería sanitaria, impidiendo su correcta colocación. La solución implementada consistió en desplazar lateralmente el tomacorriente fuera del área de interferencia, manteniendo su altura normativa y garantizando la separación mínima respecto a la tubería para evitar afectaciones futuras en mantenimiento o filtraciones. Esta modificación permitió la instalación sin conflictos de ambos sistemas, cumpliendo los requerimientos eléctricos y sanitarios, asegurando un diseño coordinado y constructivamente viable para su ejecución en obra.

Figura 74

Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 13 Grave



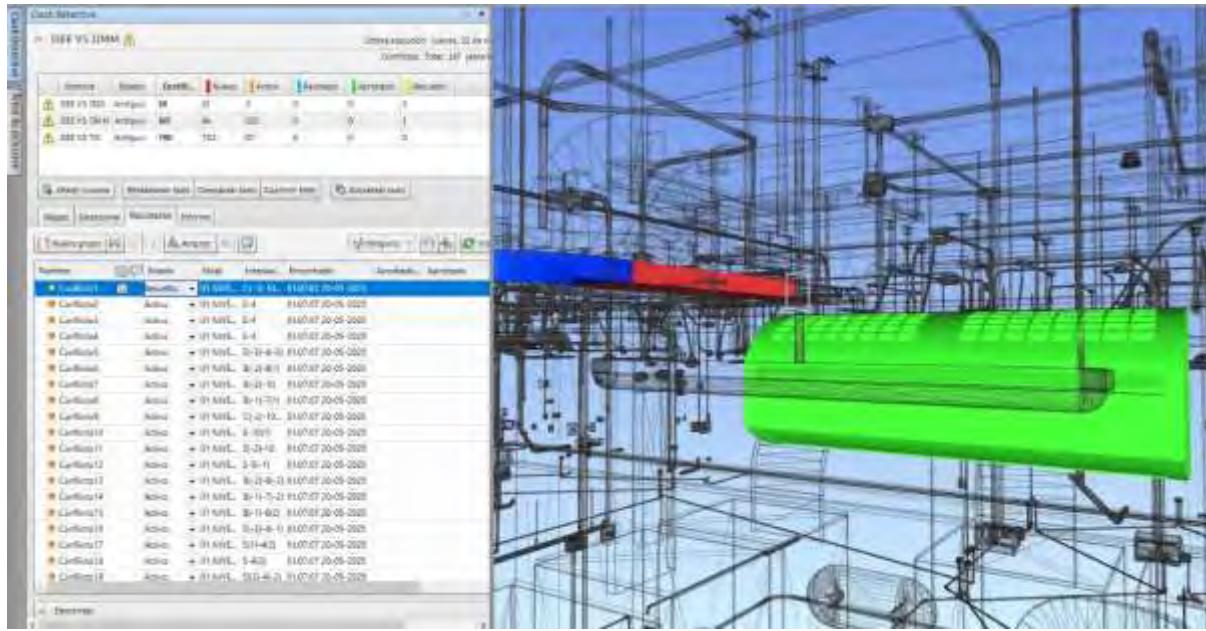
Fuente: Elaboración Propia

5.3.2. Interferencias Corregidas de Primer Nivel con instalaciones mecánicas

En la revisión de interferencias entre instalaciones mecánicas se identificó el Conflicto 01, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión entre la bandeja de alimentadores eléctricos y la salida de la unidad de aire acondicionado ubicada en la sala de comunicaciones. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, evidenciando que el recorrido original de la bandeja interfería directamente con el nivel de instalación de la descarga de aire, afectando su funcionalidad y mantenimiento. La solución implementada consistió en reconfigurar el recorrido de la bandeja de alimentadores, desplazándola lateralmente y ajustando su altura para compatibilizar con la salida de la unidad de aire acondicionado, manteniendo las distancias mínimas de seguridad y accesibilidad para ambos sistemas. Esta corrección permitió eliminar el conflicto, garantizando la operatividad de la climatización y la correcta distribución eléctrica, asegurando un diseño coordinado y viable para su ejecución.

Figura 75

Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 01 Grave

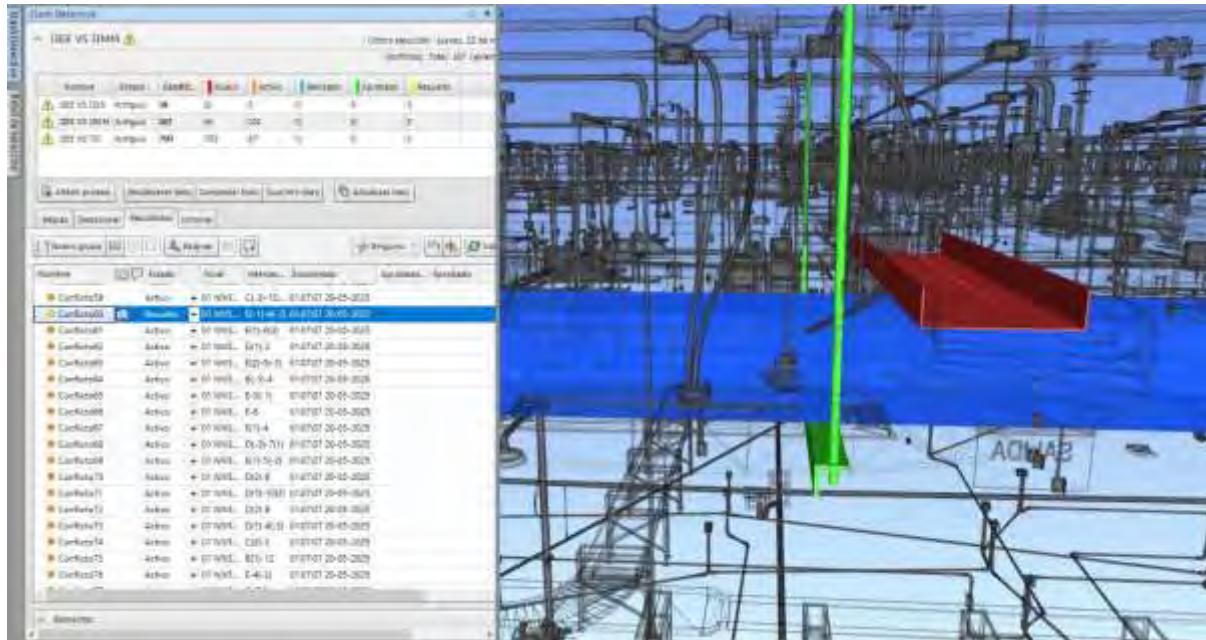


Fuente: Elaboración Propia

En el análisis de interferencias entre instalaciones eléctricas y mecánicas se identificó el Conflicto 60, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la intersección de la bandeja ranurada de alimentadores eléctricos con el soporte de techo de los ductos de extracción de aire. El conflicto fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, evidenciando que el recorrido original de la bandeja colisionaba con el soporte estructural de los ductos, afectando su instalación y el acceso para mantenimiento. La solución implementada consistió en el replanteo del recorrido de la bandeja ranurada, desplazándola lateralmente y ajustando su altura para evitar la colisión, además de reubicar el soporte de los ductos de extracción a una zona cercana sin interferencias. Con esta corrección se garantizó la instalación segura de ambos sistemas, manteniendo las distancias mínimas requeridas, asegurando la funcionalidad del sistema de extracción de aire y la distribución eléctrica sin afectar el diseño general del proyecto.

Figura 76

Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 60 Grave

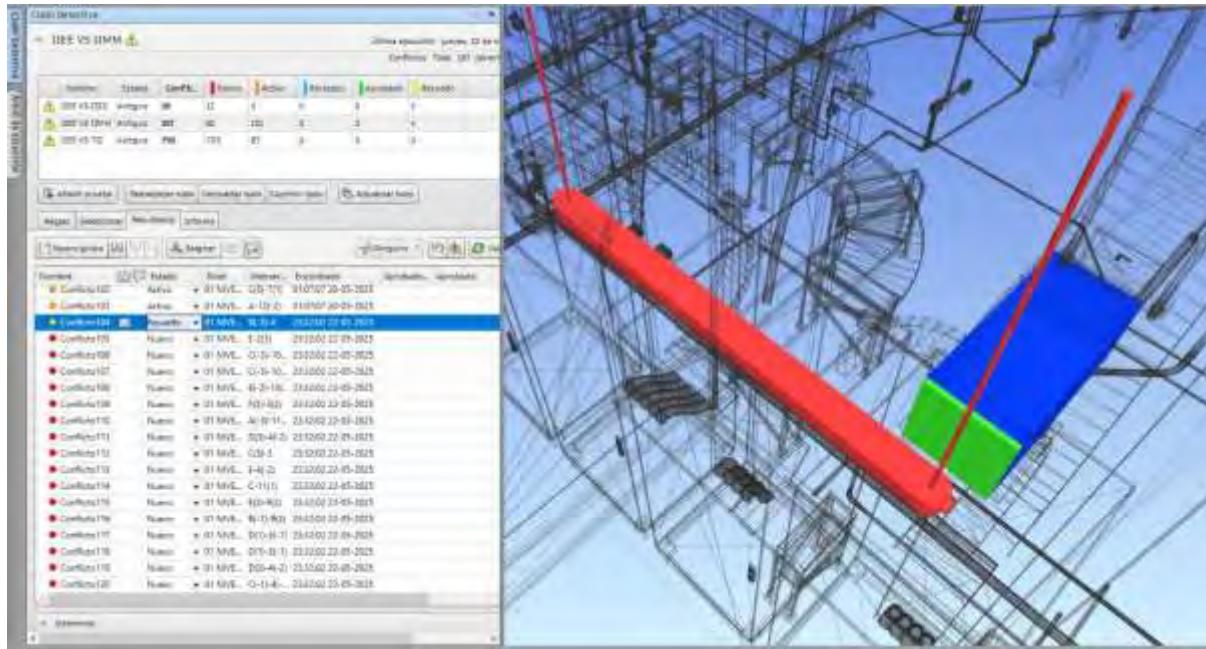


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias entre instalaciones eléctricas y mecánicas se identificó el Conflicto 104, clasificado como grave. La interferencia consistía en la colisión de la luminaria tipo hermética con el soporte de techo de los ductos de extracción de aire, generando incompatibilidad constructiva. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la ubicación original de la luminaria coincidía con el soporte estructural de los ductos, impidiendo su instalación adecuada y el acceso para mantenimiento. La solución implementada fue el replanteo de la luminaria, desplazándola fuera del área de interferencia, manteniendo su alineación en el ambiente y cumpliendo con el cálculo lumínico requerido por norma. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y funcional de la luminaria y los ductos de extracción, asegurando un diseño eléctrico y mecánico coordinado, sin afectaciones a la distribución de instalaciones y viable para su ejecución en obra.

Figura 77

Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 104 Grave

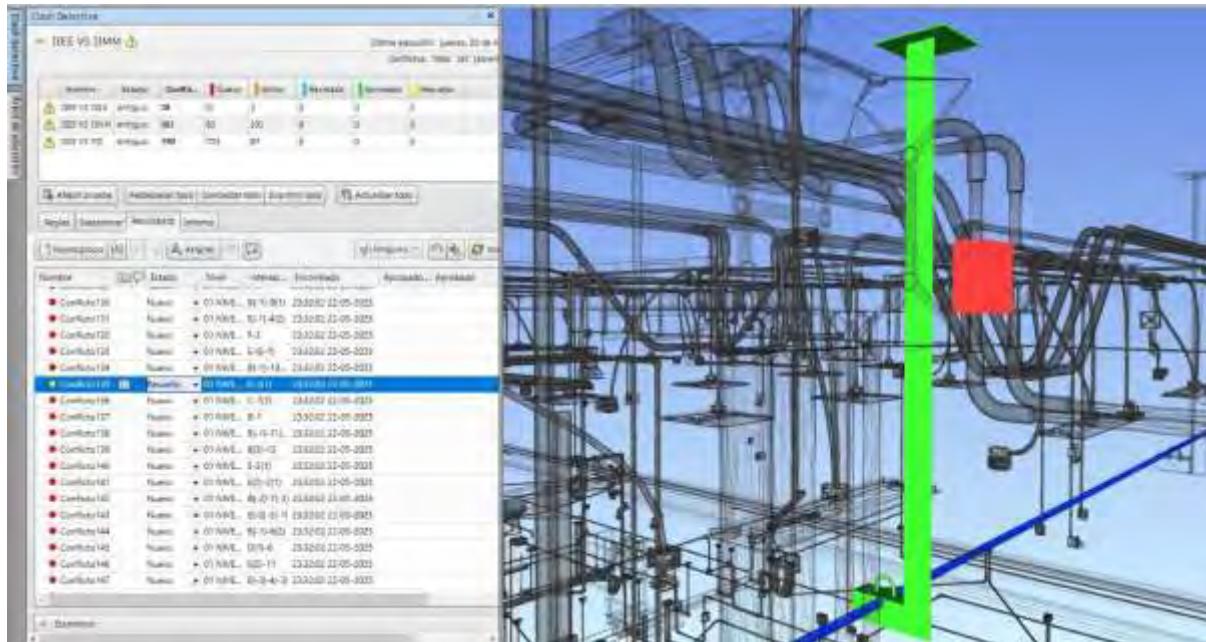


Fuente: Elaboración Propia

En la revisión de interferencias entre instalaciones eléctricas y mecánicas se identificó el Conflicto 135, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la intersección de la caja de paso eléctrica con el soporte de la tubería de oxígeno medicinal. El conflicto fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la ubicación de la caja de paso coincidía con el espacio ocupado por el soporte estructural de la tubería, impidiendo su instalación y afectando la continuidad del sistema de gases medicinales. La solución implementada consistió en desplazar la caja de paso fuera del área de interferencia, reubicándola en un punto accesible que mantuviera su funcionalidad y cumpliendo con la normativa eléctrica. Esta modificación eliminó el conflicto, garantizando la correcta instalación de la tubería de oxígeno medicinal y de la caja de paso, asegurando un diseño coordinado y constructivamente viable para su ejecución en obra.

Figura 78

Interferencia de Primer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 135 Grave



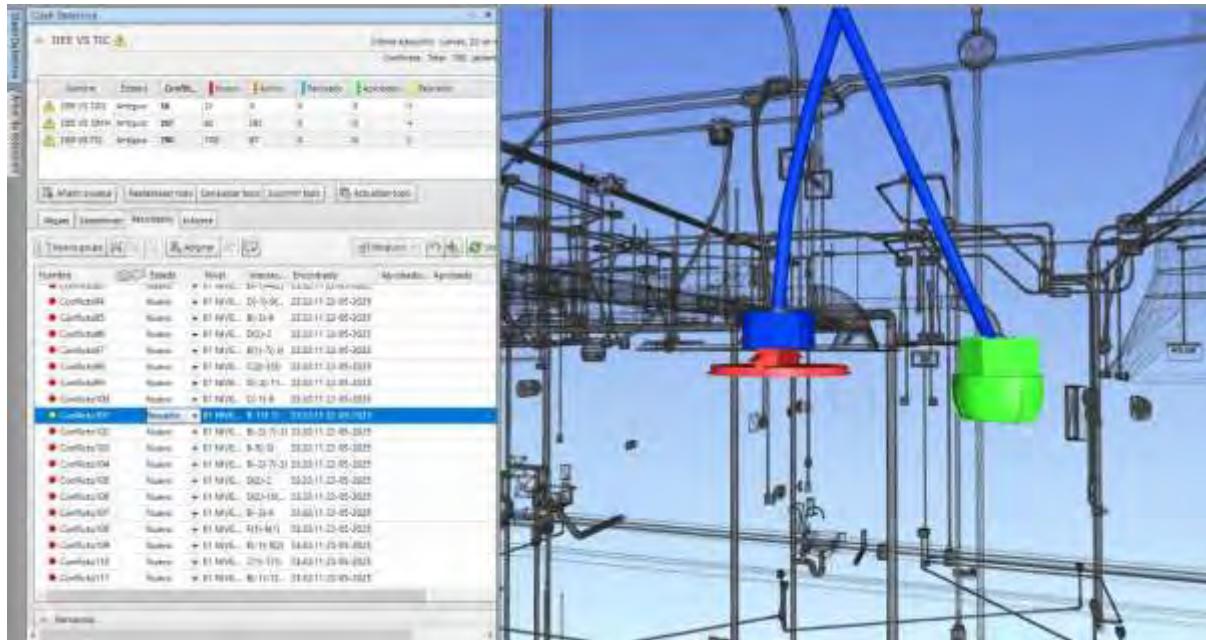
Fuente: Elaboración Propia

5.3.3. Interferencias Corregidas de Primer Nivel con TIC

Durante la revisión de interferencias entre instalaciones eléctricas y sistemas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se identificó el Conflicto 101, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la sobreposición de la luminaria tipo plafón con el sensor de humo direccional instalado en el mismo ambiente, generando incumplimiento normativo y afectación en la operatividad del sistema de detección contra incendios. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, evidenciando que la ubicación de ambos dispositivos no respetaba la distancia mínima requerida para su correcto funcionamiento. La solución implementada consistió en reubicar la luminaria tipo plafón, asegurando un distanciamiento mínimo de 30 cm respecto al sensor de humo, garantizando así su óptimo desempeño y evitando falsas alarmas. Con esta corrección se aseguró la adecuada instalación y operatividad de ambos sistemas, manteniendo la distribución eléctrica y cumpliendo con las normas de seguridad establecidas para edificaciones hospitalarias.

Figura 79

Interferencia de Primer Nivel corregida con TIC conflicto 101 Grave

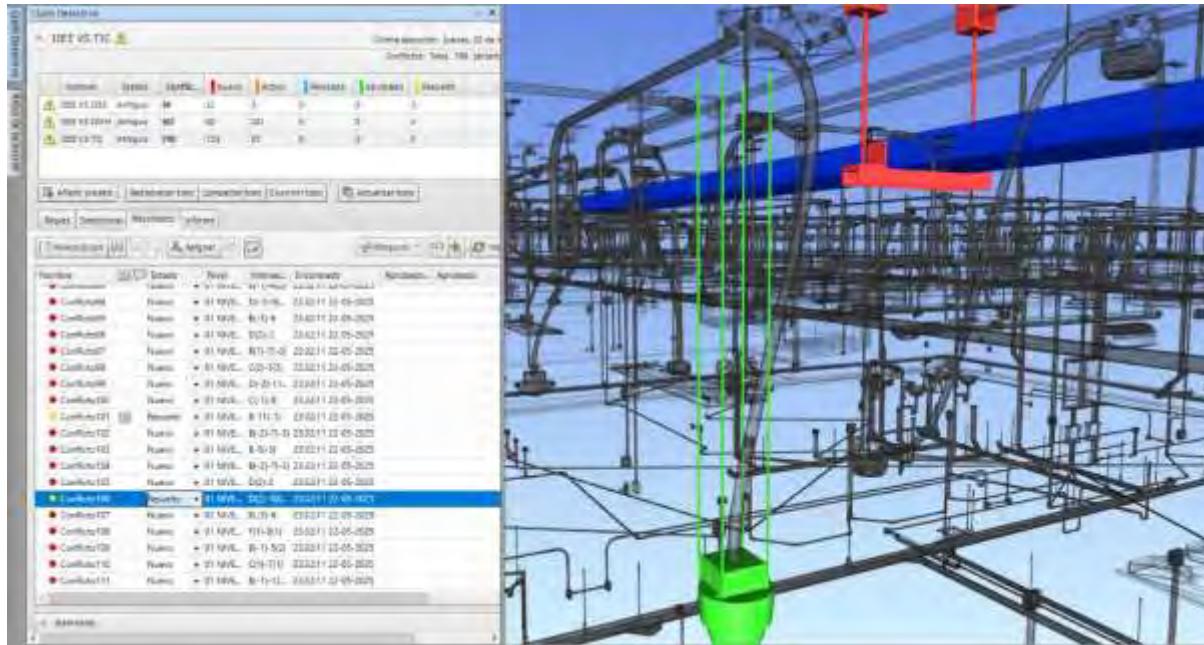


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias entre instalaciones eléctricas y sistemas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se identificó el Conflicto 106, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la intersección del soporte de suspensión de la cámara tipo domo con el soporte a techo de las bandejas de alimentadores eléctricos, generando un conflicto constructivo que impedía la correcta instalación de ambos sistemas. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la ubicación del soporte de la cámara coincidía con el espacio ocupado por el soporte estructural de las bandejas eléctricas. La solución implementada consistió en reubicar el soporte de suspensión de la cámara tipo domo a un punto cercano sin interferencias, asegurando su ángulo de visión y cobertura óptima. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y funcional de la cámara de vigilancia y de las bandejas eléctricas, manteniendo la coordinación de los sistemas y cumpliendo con el diseño requerido.

Figura 80

Interferencia de Primer Nivel corregida con TIC conflicto 106 Grave

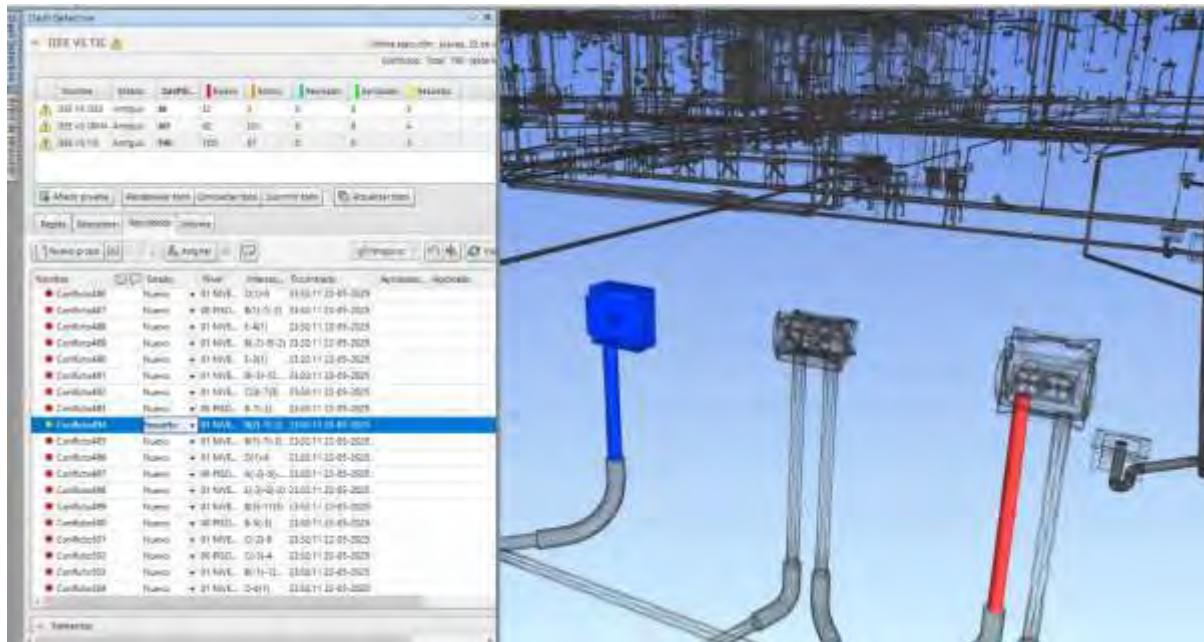


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias entre instalaciones eléctricas y sistemas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se identificó el Conflicto 494, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión de la salida de Data con la salida de tomacorriente empotrado en la misma pared a una altura de 40 cm, generando incompatibilidad constructiva y afectando la instalación de ambos sistemas. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que ambas salidas ocupaban el mismo espacio físico, impidiendo su correcta colocación y acceso. La solución implementada consistió en reubicar la salida de Data a un punto cercano libre de interferencias, manteniendo su altura normativa y accesibilidad para usuarios, y asegurando la separación mínima requerida respecto al tomacorriente. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y funcional de ambos sistemas, cumpliendo con las normas eléctricas y de telecomunicaciones vigentes y asegurando un diseño coordinado y ejecutable.

Figura 81

Interferencia de Primer Nivel corregida con TIC conflicto 494 Grave

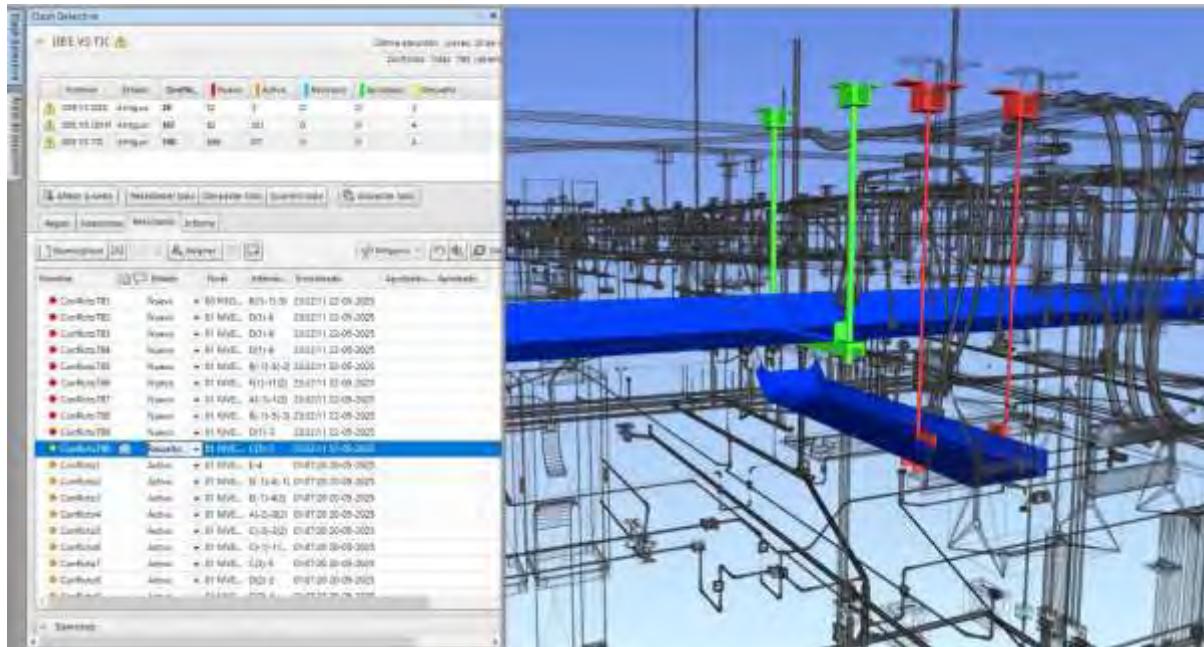


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias entre instalaciones eléctricas y sistemas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se identificó el Conflicto 790, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión entre el soporte a techo de la bandeja de comunicaciones y el soporte a techo de las bandejas de alimentadores eléctricos, generando un conflicto constructivo que impedía la correcta instalación de ambos sistemas. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que ambos soportes coincidían en el mismo punto de fijación estructural, afectando su estabilidad y accesibilidad. La solución implementada consistió en reubicar el soporte a techo de la bandeja de comunicaciones a una zona cercana sin interferencias, manteniendo su alineación y pendiente de instalación según especificaciones de diseño. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y funcional de las bandejas eléctricas y de comunicaciones, asegurando la coordinación de los sistemas y cumpliendo con los estándares normativos del proyecto.

Figura 82

Interferencia de Primer Nivel corregida con TIC conflicto 790 Grave



Fuente: Elaboración Propia

5.4. Interferencias Corregidas Segundo nivel

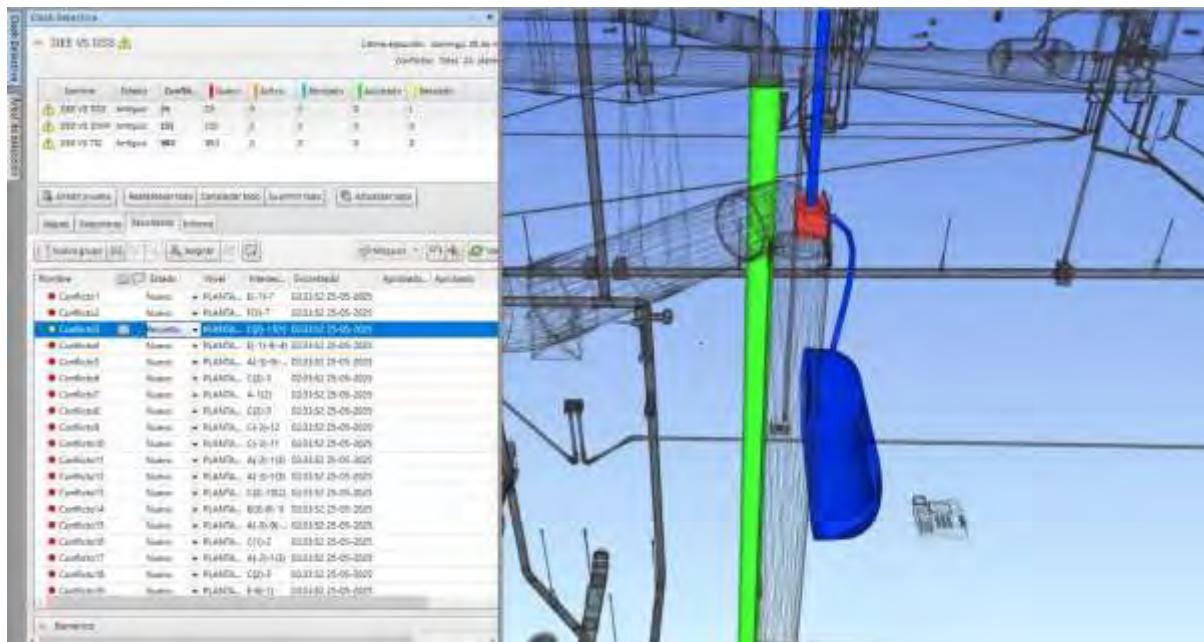
5.4.1. Interferencias Corregidas de Segundo nivel con instalaciones sanitarias

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y sanitarias se identificó el Conflicto 03, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión de la salida de tomacorrientes para la luz de emergencia con la montante de desagüe ubicada en el mismo muro. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la ubicación del tomacorriente coincidía con el espacio ocupado por la tubería de desagüe, impidiendo su instalación adecuada y generando incompatibilidad constructiva. La solución implementada consistió en reubicar la salida del tomacorriente fuera del área de interferencia, manteniendo su altura normativa y asegurando su funcionalidad como punto de conexión para la luz de emergencia. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y sin conflictos de ambos sistemas, cumpliendo con las normas

eléctricas y sanitarias vigentes y asegurando un diseño coordinado y viable para su ejecución en obra.

Figura 83

Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 03 Grave



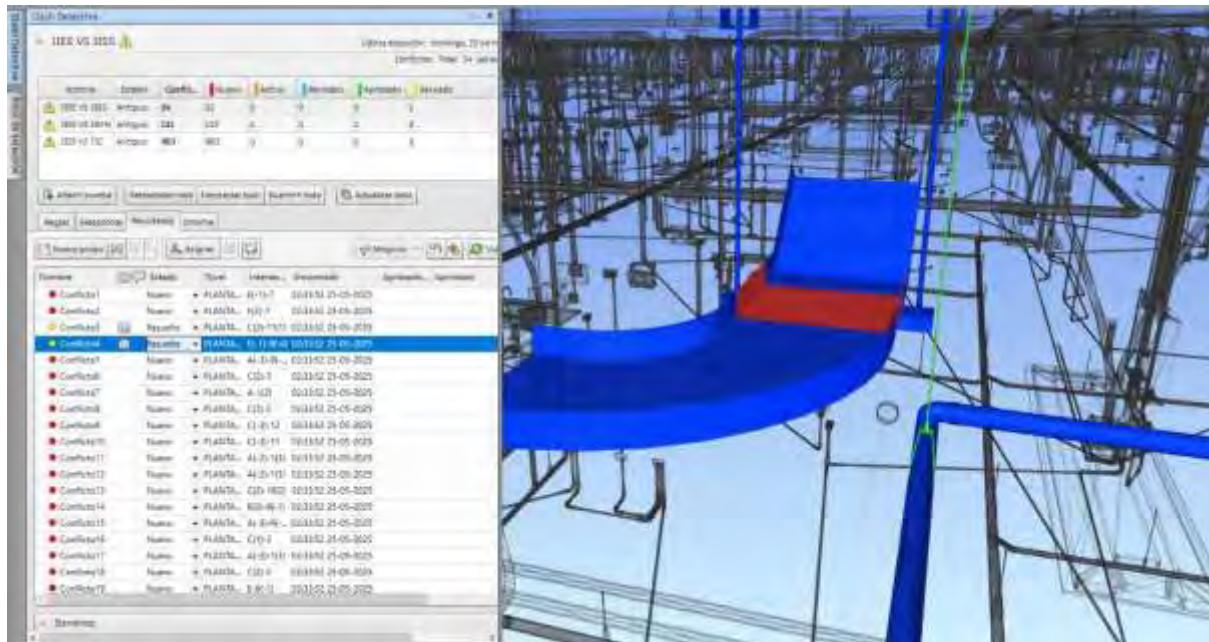
Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y sanitarias se identificó el Conflicto 04, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión del soporte a techo de la montante de desagüe con la bandeja de alimentadores eléctricos, generando un conflicto constructivo que impedía la correcta instalación de ambos sistemas. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que el soporte de la tubería sanitaria intersectaba el espacio de instalación de la bandeja eléctrica, afectando su recorrido y sujeción. La solución implementada consistió en reubicar el soporte a techo del montante de desagüe a una zona cercana sin interferencias, asegurando la sujeción estructural de la tubería y manteniendo la trayectoria de la bandeja de alimentadores según el diseño eléctrico. Con esta corrección se garantizó la instalación segura

y funcional de ambos sistemas, cumpliendo con las normas técnicas y asegurando un diseño coordinado y constructivamente viable.

Figura 84

Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 04 Grave



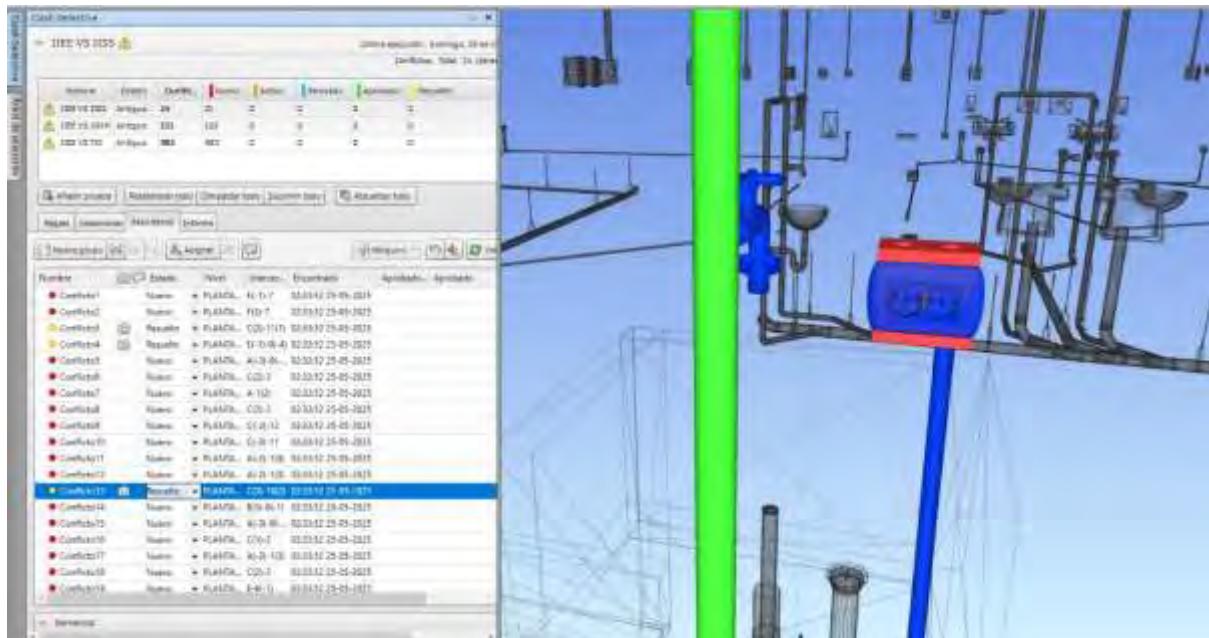
Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y sanitarias se identificó el Conflicto 13, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión de la salida de tomacorriente con el montante de desagüe ubicada en la misma pared, generando un conflicto constructivo que impedía su correcta instalación y accesibilidad. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la ubicación original del tomacorriente coincidía con el trazado vertical de la tubería de desagüe. La solución implementada consistió en reubicar la salida del tomacorriente, desplazándola lateralmente a una distancia de 1.20 m del montante de desagüe, manteniendo su altura normativa de instalación y asegurando su funcionalidad. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y sin interferencias de ambos sistemas, cumpliendo con las

normas eléctricas y sanitarias vigentes y asegurando un diseño coordinado, constructivamente viable y apto para su ejecución en obra.

Figura 85

Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 13 Grave

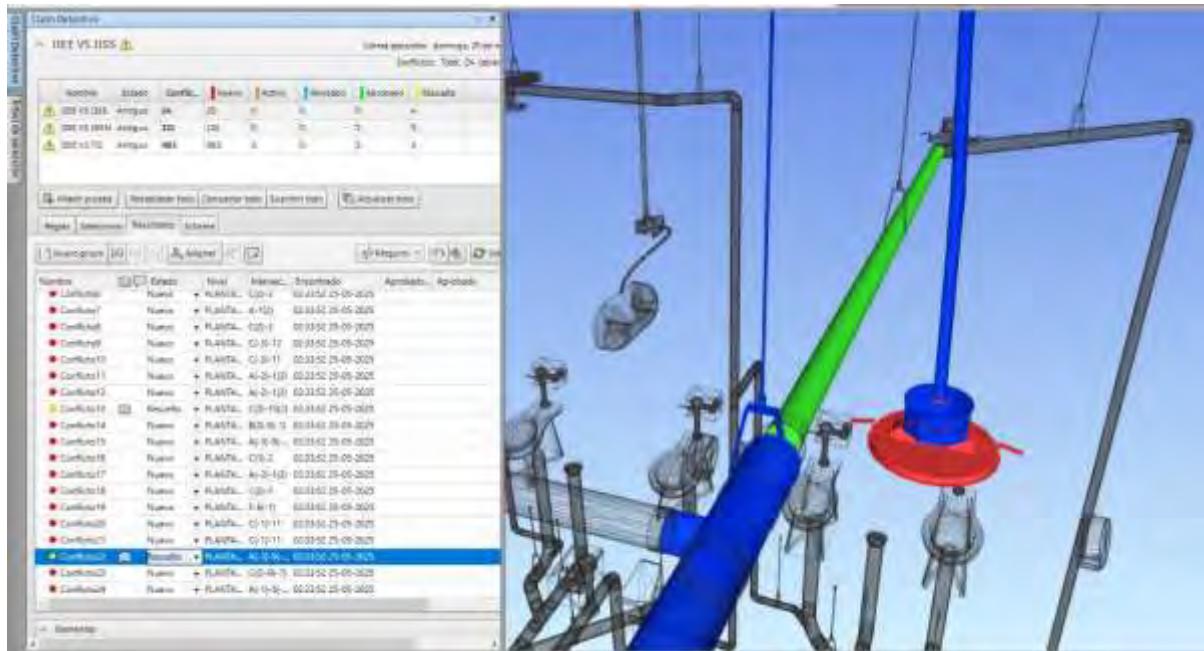


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y sanitarias se identificó el Conflicto 22, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la sobreposición de la salida de la luminaria tipo plafón con el montante de desagüe, generando un conflicto constructivo que impedía la correcta instalación de ambos sistemas y afectaba el diseño eléctrico del ambiente. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la luminaria coincidía con la trayectoria de la tubería sanitaria vertical, imposibilitando su montaje. La solución implementada consistió en reubicar la luminaria tipo plafón a un punto cercano libre de interferencias, manteniendo su altura y posición adecuada para cumplir con el cálculo lumínico requerido por norma. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y funcional de la luminaria y la tubería de desagüe, asegurando un diseño coordinado, sin conflictos constructivos y apto para su ejecución en obra.

Figura 86

Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 22 Grave



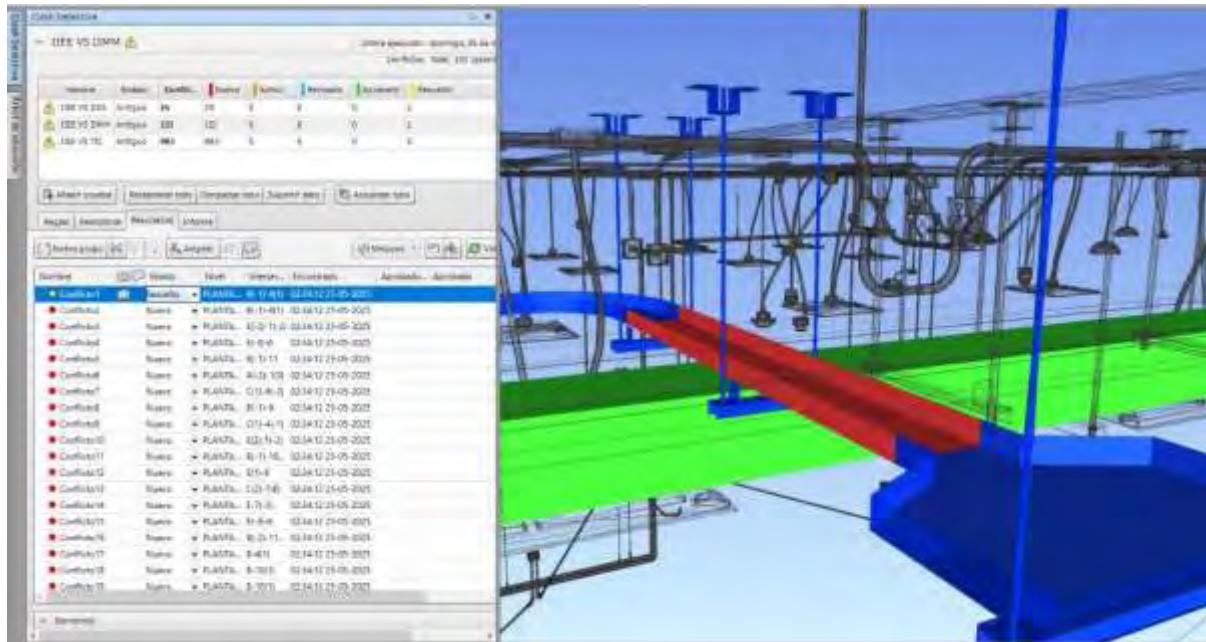
Fuente: Elaboración Propia

5.4.2. Interferencias Corregidas de Segundo Nivel con instalaciones mecánicas

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y mecánicas se identificó el Conflicto 01, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión entre la bandeja ranurada de alimentadores eléctricos y el soporte a techo de los ductos de extracción de aire, generando un conflicto constructivo que impedía su instalación correcta. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que ambos elementos ocupaban el mismo nivel de instalación, afectando su fijación estructural y la continuidad del sistema eléctrico y mecánico. La solución implementada consistió en reubicar la bandeja ranurada de alimentadores eléctricos, modificando su nivel de instalación y ajustando su soporte, además de reubicar el soporte a techo de los ductos de extracción de aire. Se propuso un cambio de ruta y correcciones de niveles para asegurar la instalación adecuada de ambos sistemas, garantizando un diseño coordinado, seguro y ejecutable en obra.

Figura 87

Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 01 Grave

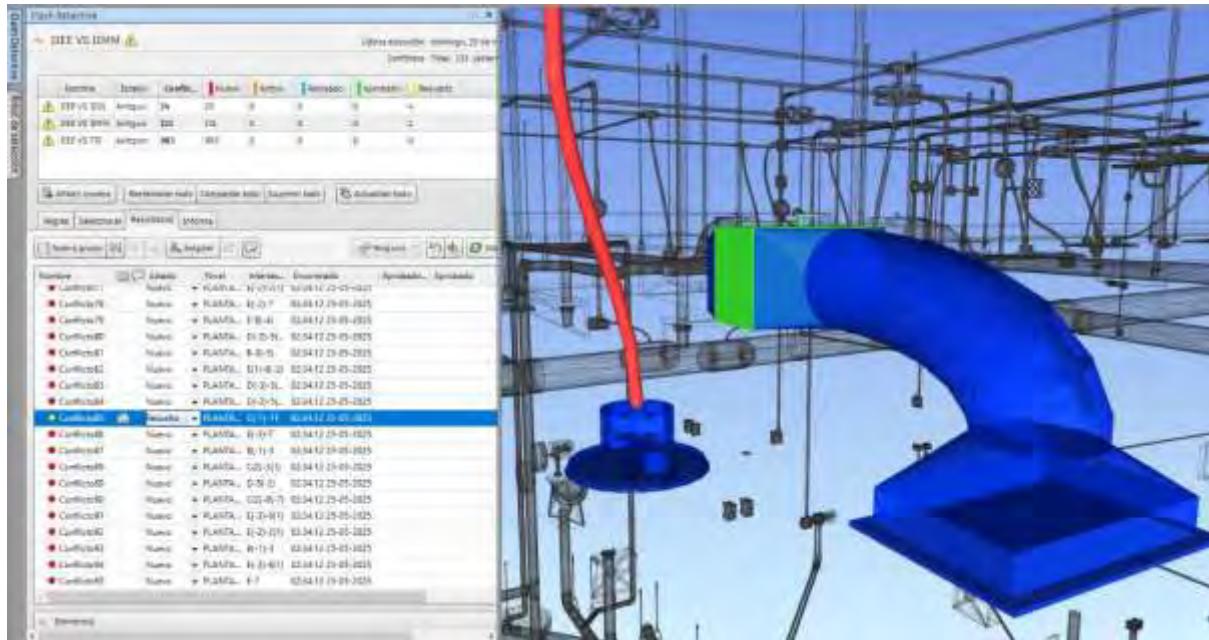


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y mecánicas se identificó el Conflicto 85, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la intersección entre el ducto de transición del sistema de climatización y la bajada de la tubería eléctrica que alimenta la luminaria, generando un conflicto constructivo que impedía la instalación adecuada de ambos sistemas. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la trayectoria del ducto coincidía con el recorrido vertical de la tubería eléctrica. La solución implementada consistió en reubicar la bajada de la tubería eléctrica fuera del área de interferencia, asegurando su conexión directa a la luminaria sin afectaciones y manteniendo su altura y recorrido conforme a las especificaciones del diseño eléctrico. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y funcional tanto del sistema de climatización como del sistema eléctrico, asegurando un diseño coordinado, constructivamente viable y sin conflictos para su ejecución.

Figura 88

Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 85 Grave

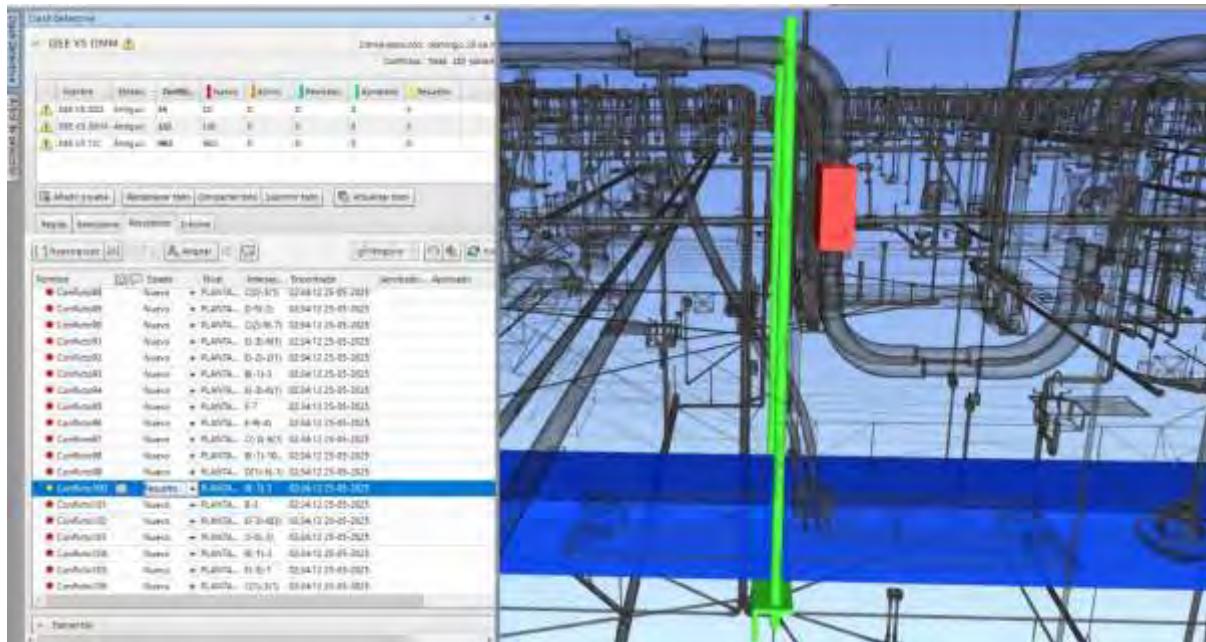


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y mecánicas se identificó el Conflicto 100, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión entre el soporte a techo de la bandeja portacables, la caja de paso y la curva de tubería, los cuales se encontraban adosados a la estructura, generando un conflicto constructivo que impedía su correcta instalación. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la ubicación de estos elementos eléctricos coincidía con el espacio destinado al soporte estructural de la bandeja, afectando su fijación y accesibilidad. La solución implementada consistió en reubicar el soporte a techo de la bandeja y ajustar la posición de la caja de paso y la curva de tubería, desplazándolos lateralmente para liberar el área de interferencia. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y funcional de los sistemas eléctricos y mecánicos, asegurando un diseño coordinado, constructivamente viable y apto para su ejecución en obra.

Figura 89

Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 100 Grave

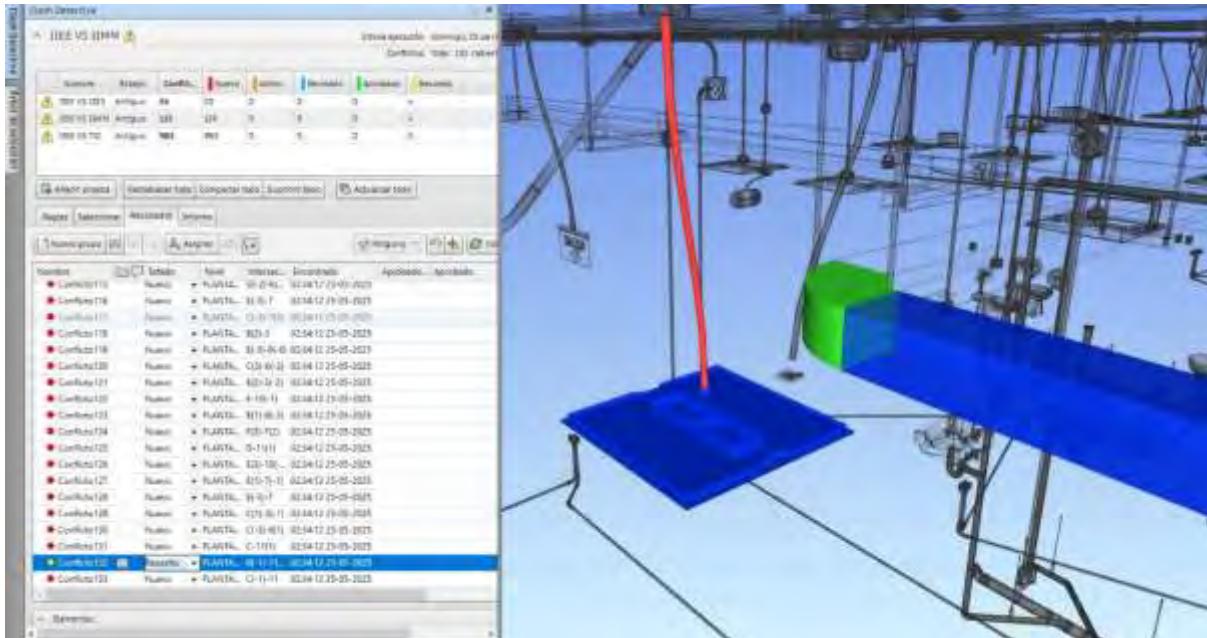


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y mecánicas se identificó el Conflicto 132, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión de la luminaria tipo panel con el soporte a techo del ducto de recirculación de aire, generando un conflicto constructivo que impedía la instalación adecuada de ambos sistemas. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la ubicación de la luminaria coincidía con la trayectoria y el punto de anclaje del soporte del ducto, afectando su montaje y estabilidad estructural. La solución implementada consistió en reubicar la luminaria tipo panel fuera del área de interferencia, manteniendo su posición funcional y cumpliendo con el cálculo lumínico requerido por norma. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y funcional tanto del sistema de iluminación como del sistema de recirculación de aire, asegurando un diseño coordinado, sin conflictos constructivos y viable para su ejecución en obra.

Figura 90

Interferencia de Segundo Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 132 Grave



Fuente: Elaboración Propia

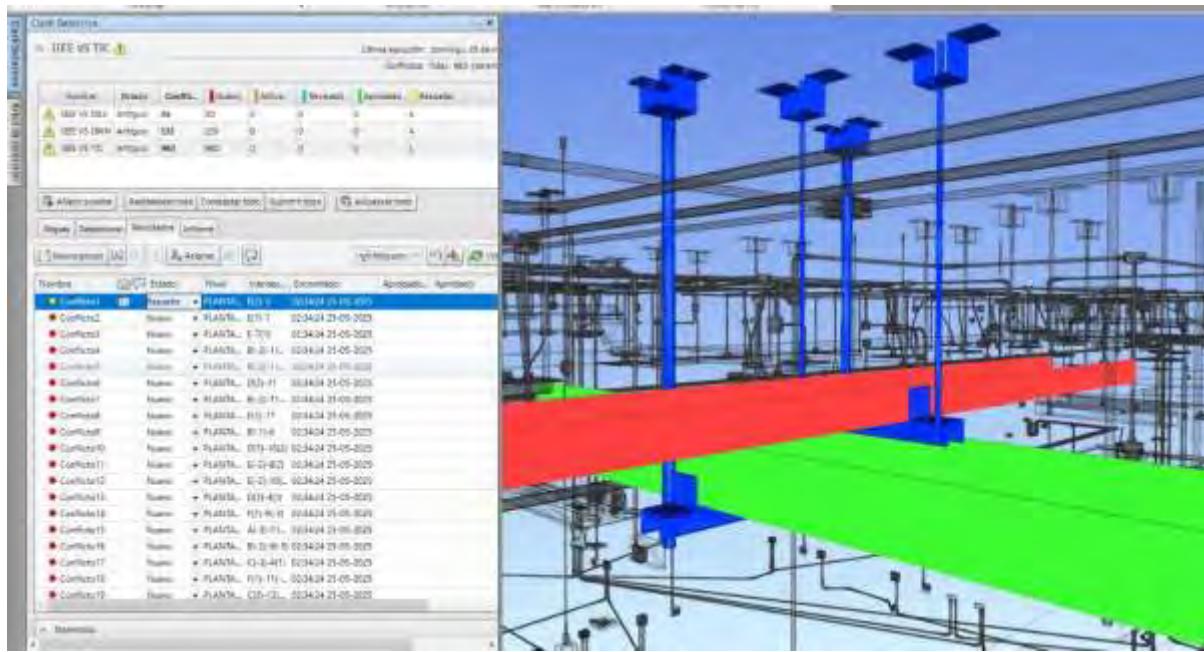
5.4.3. Interferencias Corregidas de Segundo Nivel con TIC

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y sistemas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se identificó el Conflicto 01, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la sobreposición de la bandeja de alimentadores eléctricos con el soporte a techo de la bandeja de telecomunicaciones, generando un conflicto constructivo que impedía la instalación adecuada de ambos sistemas. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que ambas bandejas coincidían en el mismo nivel de instalación, afectando su fijación estructural y accesibilidad para mantenimiento. La solución implementada consistió en cambiar el nivel de instalación de la bandeja de alimentadores eléctricos, elevándola para liberar el área de interferencia y permitiendo la correcta instalación de la bandeja de telecomunicaciones. Con esta corrección se garantizó la instalación segura y funcional de ambos sistemas, cumpliendo

con las normas técnicas y asegurando un diseño coordinado, constructivamente viable y apto para su ejecución en obra.

Figura 91

Interferencia de Segundo Nivel corregida con TIC conflicto 01 Grave



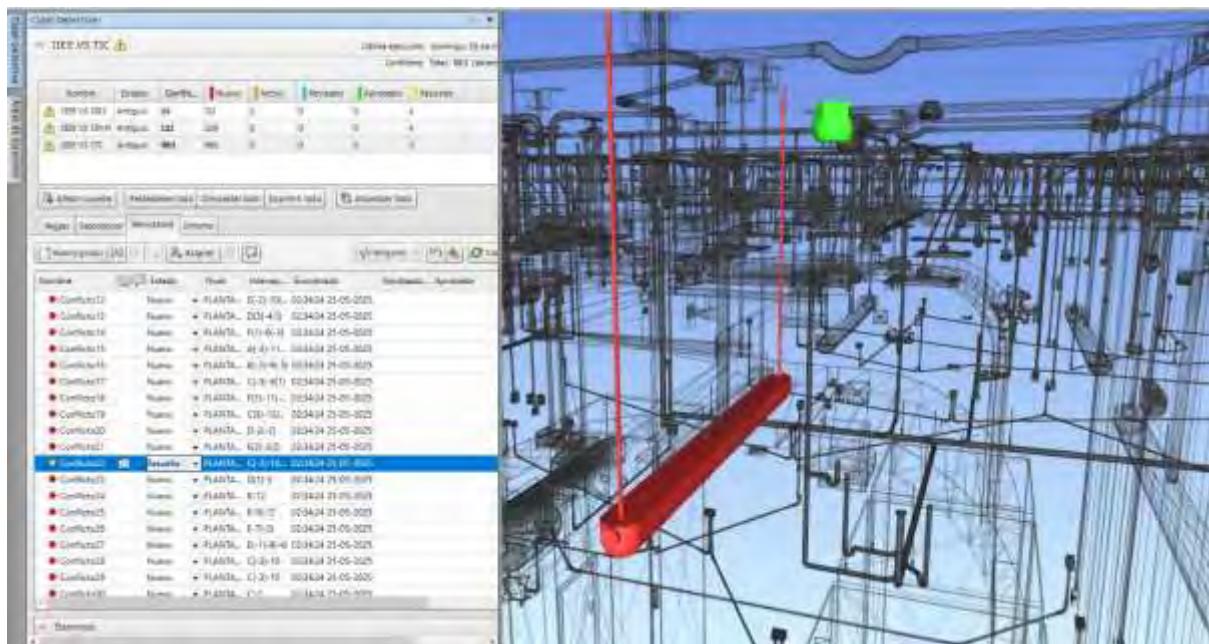
Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y sistemas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se identificó el Conflicto 22, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión de la suspensión de la luminaria hermética con la salida del sensor de humo ubicado en el techo, generando un conflicto constructivo que impedía su correcta instalación y afectaba el desempeño funcional de ambos sistemas. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que la ubicación de la luminaria coincidía con el área de instalación del sensor, comprometiendo su radio de cobertura y mantenimiento. La solución implementada consistió en reubicar la suspensión de la luminaria hermética a una zona cercana sin interferencias, manteniendo su nivel y posición para cumplir con el cálculo lumínico y

asegurando el espacio libre requerido para la correcta instalación y operación del sensor de humo. Esta corrección garantizó un diseño coordinado y viable para su ejecución.

Figura 92

Interferencia de Segundo Nivel corregida con TIC conflicto 22 Grave



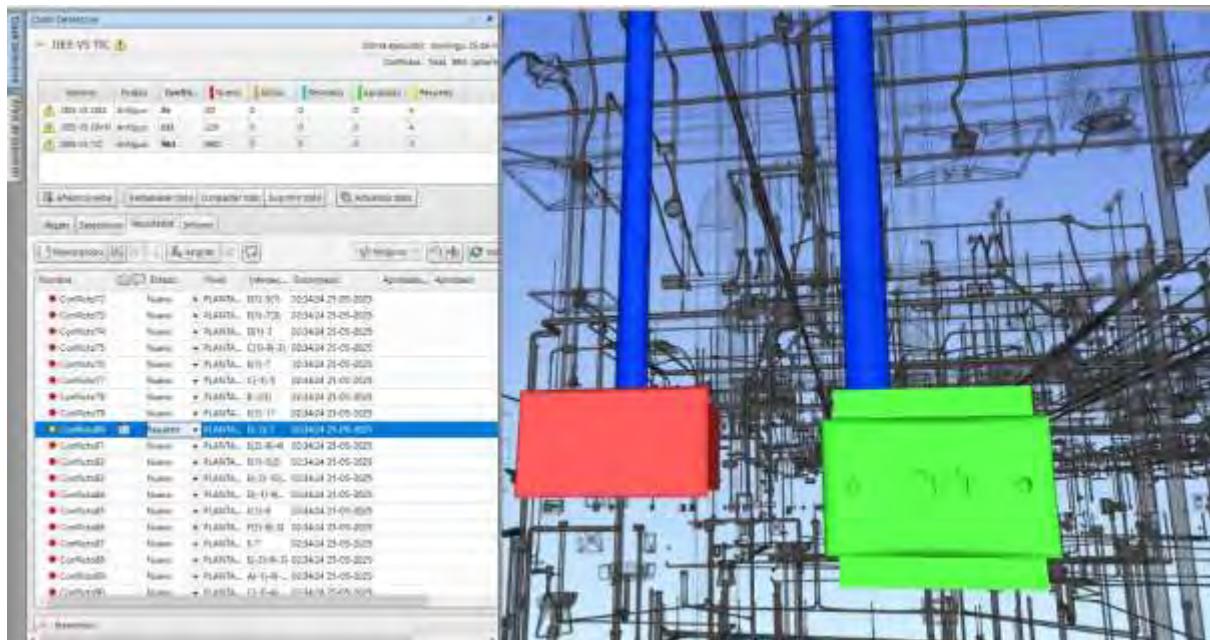
Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y sistemas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se identificó el Conflicto 80, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la colisión de la salida de fuerza (tomacorriente) con la salida de data doble en el cuarto médico, generando un conflicto constructivo que impedía la correcta instalación de ambos sistemas. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, donde se evidenció que ambas salidas estaban ubicadas en la misma posición de pared, afectando su accesibilidad y funcionalidad. La solución implementada consistió en reubicar la salida de fuerza y la salida de data doble a distancias separadas conforme a la normativa técnica, asegurando su instalación sin interferencias y manteniendo su operatividad para los equipos médicos. Con esta corrección se

garantizó la instalación segura y funcional de los sistemas eléctricos y de comunicación, asegurando un diseño coordinado, constructivamente viable y apto para su ejecución en obra.

Figura 93

Interferencia de Segundo Nivel corregida con TIC conflicto 80 Grave



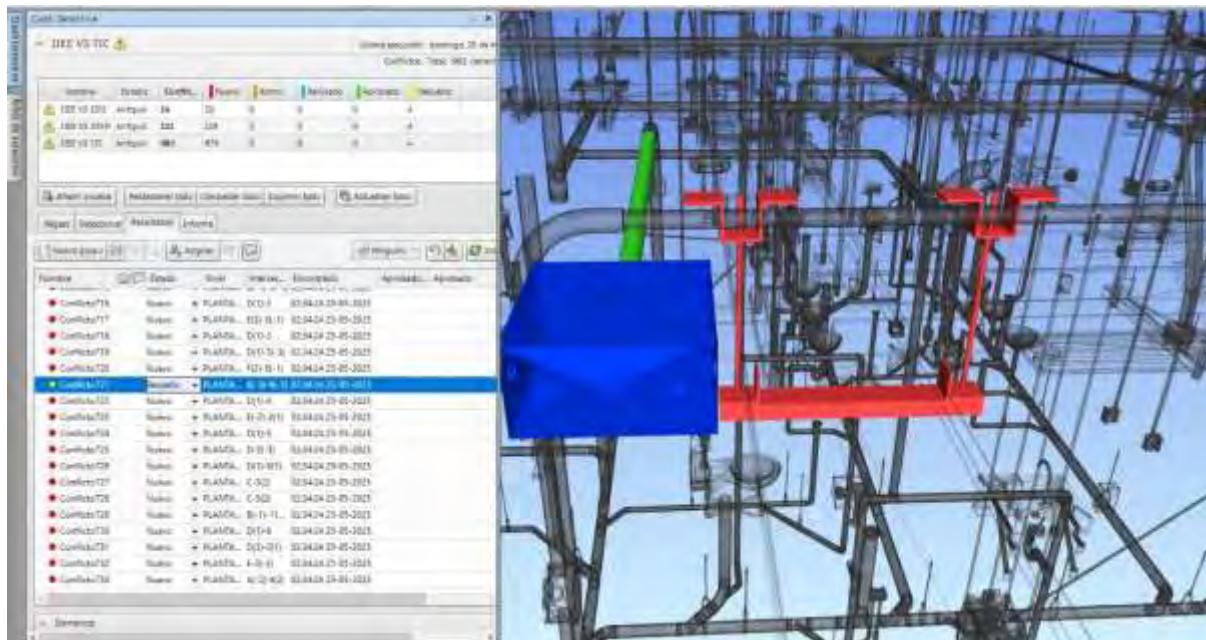
Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de segundo nivel entre instalaciones eléctricas y sistemas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se identificó el Conflicto 721, clasificado como grave. Esta interferencia consistía en la sobreposición de la tubería de alimentación de luminarias con el soporte a techo de la bandeja de comunicaciones, generando un conflicto constructivo que impedía su correcta instalación. El problema fue detectado mediante Clash Detection en Navisworks Manage, evidenciando que la tubería de iluminación se cruzaba con la estructura de soporte de la bandeja, afectando tanto el montaje eléctrico como la estabilidad del sistema de comunicaciones. La solución implementada consistió en reubicar la tubería de iluminación, rediseñando su ruta para evitar la interferencia y manteniendo las distancias y alturas necesarias según los planos de diseño y normativa técnica. Con esta

corrección se aseguró la compatibilidad entre los sistemas eléctricos y de comunicaciones, garantizando su instalación sin conflictos y facilitando la ejecución constructiva eficiente.

Figura 94

Interferencia de Segundo Nivel corregida con TIC conflicto 721 Grave



Fuente: Elaboración Propia

5.5. Interferencias Corregidas Tercer nivel

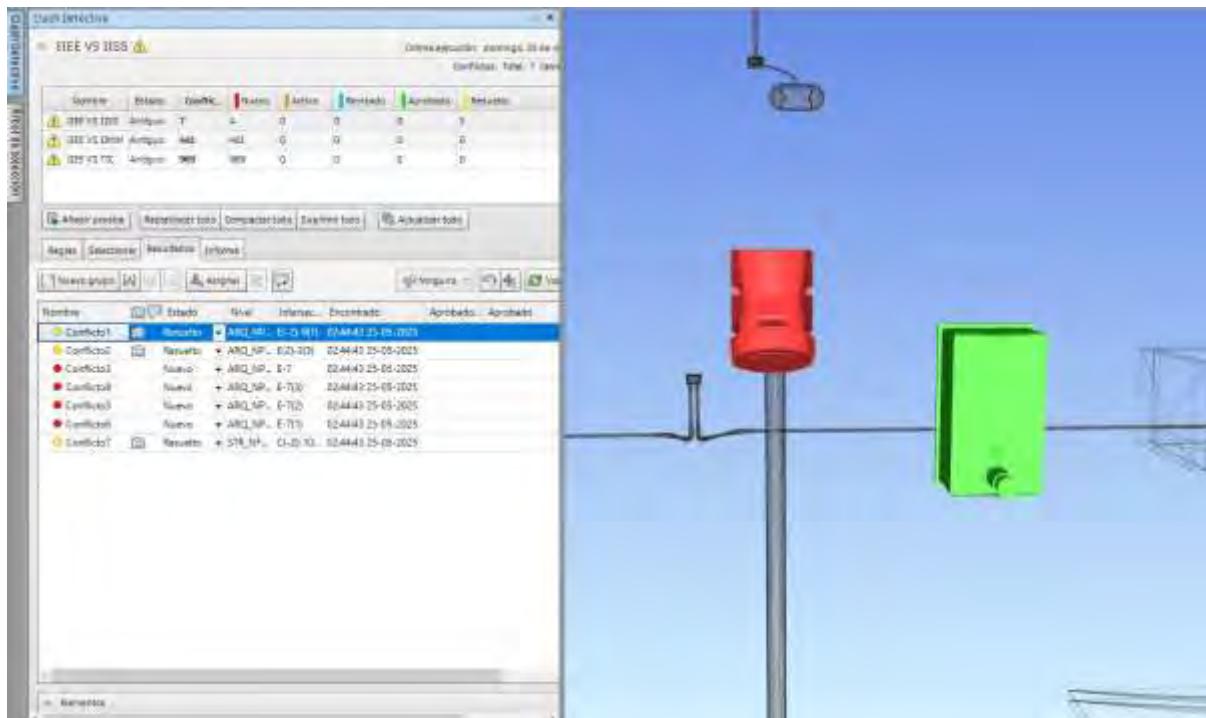
5.5.1. Interferencias Corregidas de Tercer nivel con instalaciones sanitarias

Durante el análisis de tercer nivel de interferencias con instalaciones sanitarias se identificó el Conflicto 01, clasificado como grave. El problema consistía en la sobreposición de la salida eléctrica destinada para el secador de manos con la ubicación del dispensador de jabón líquido, generando un conflicto en el uso ergonómico de los equipos y en la correcta instalación de los mismos en el ambiente sanitario. La solución adoptada fue la reubicación de la salida de fuerza, desplazándola a un punto que permita la instalación del secador de manos cumpliendo con la altura y distancia establecidas en la normativa técnica para baños accesibles. Esta corrección garantizó el libre uso de ambos dispositivos sin obstrucciones y sin generar afectación en la instalación sanitaria. Además, la modificación fue registrada y actualizada en

el modelo BIM, asegurando la coordinación con todas las especialidades y evitando interferencias constructivas futuras en obra.

Figura 95

Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 01 Grave



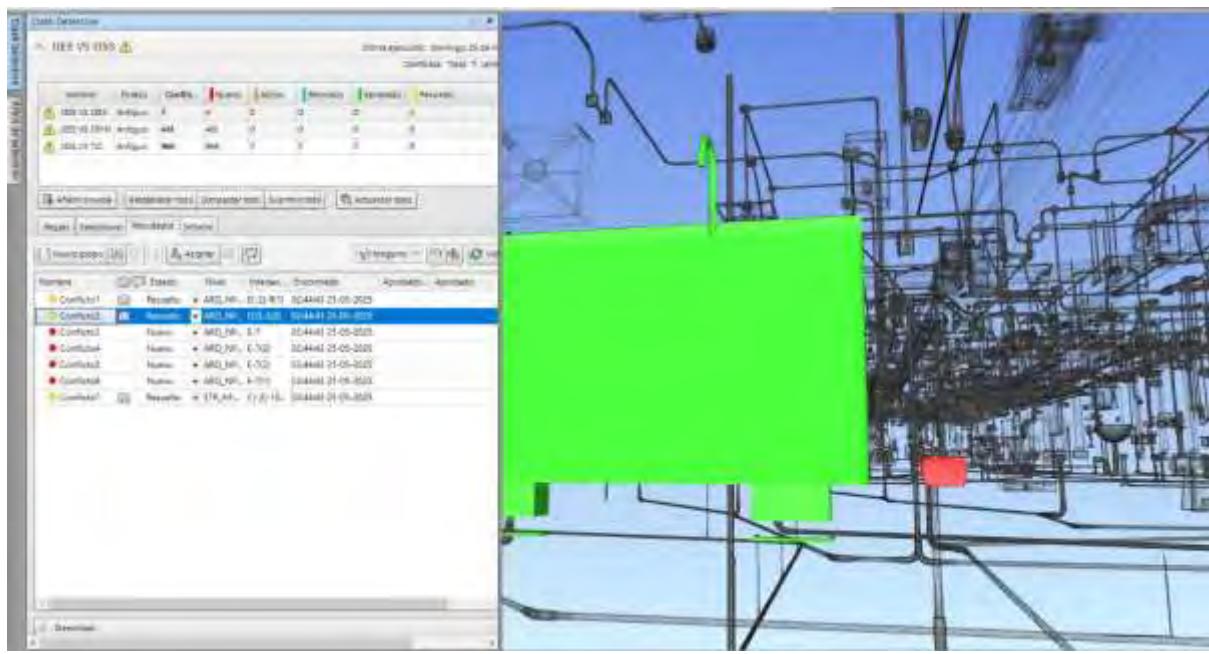
Fuente: Elaboración Propia

En el análisis de interferencias de tercer nivel con instalaciones sanitarias se identificó el Conflicto 02, clasificado como grave. Este consistía en la ubicación inadecuada del tomacorriente destinado al lavatorio de manos, el cual se encontraba en la zona frontal, generando interferencia con la estructura sanitaria y afectando su funcionalidad y accesibilidad para mantenimiento. La solución implementada fue la reubicación del tomacorriente hacia la parte posterior del lavatorio, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas de instalación eléctrica en ambientes húmedos y respetando las distancias mínimas de seguridad establecidas por la normativa nacional vigente. Esta modificación permitió liberar el frente del lavatorio, facilitando su uso y la conexión de otros dispositivos, además de eliminar riesgos de

interferencia con la red sanitaria. La corrección fue actualizada en el modelo BIM, asegurando la coordinación y evitando conflictos constructivos en obra.

Figura 96

Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 02 Grave

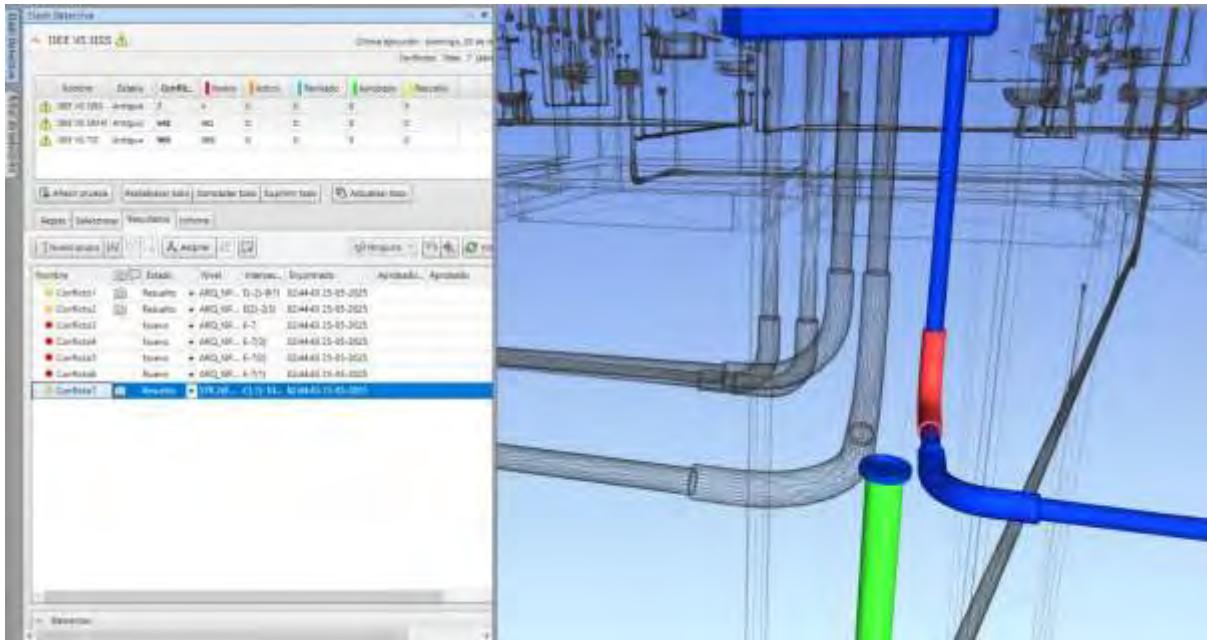


Fuente: Elaboración Propia

Durante la detección de interferencias de tercer nivel con instalaciones sanitarias se identificó el Conflicto 07, clasificado como grave. Este consistía en la intersección del sumidero con el recorrido de la tubería de alimentación al tomacorriente en piso. La solución implementada fue la reubicación estratégica del sumidero, modificando su posición para evitar la interferencia directa con la trayectoria de la tubería eléctrica, respetando el diseño hidráulico y garantizando su funcionalidad sin afectar la pendiente de evacuación. Con esta corrección se logró mantener la integridad de ambas instalaciones, asegurando un sistema sanitario operativo y un sistema eléctrico seguro, libre de conflictos constructivos. La modificación se actualizó en el modelo BIM, validándose la compatibilidad y el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad establecidas por la normativa. Esta solución contribuyó a la coordinación interdisciplinaria eficiente, evitando retrabajos en obra y optimizando el proceso constructivo.

Figura 97

Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 07 Grave



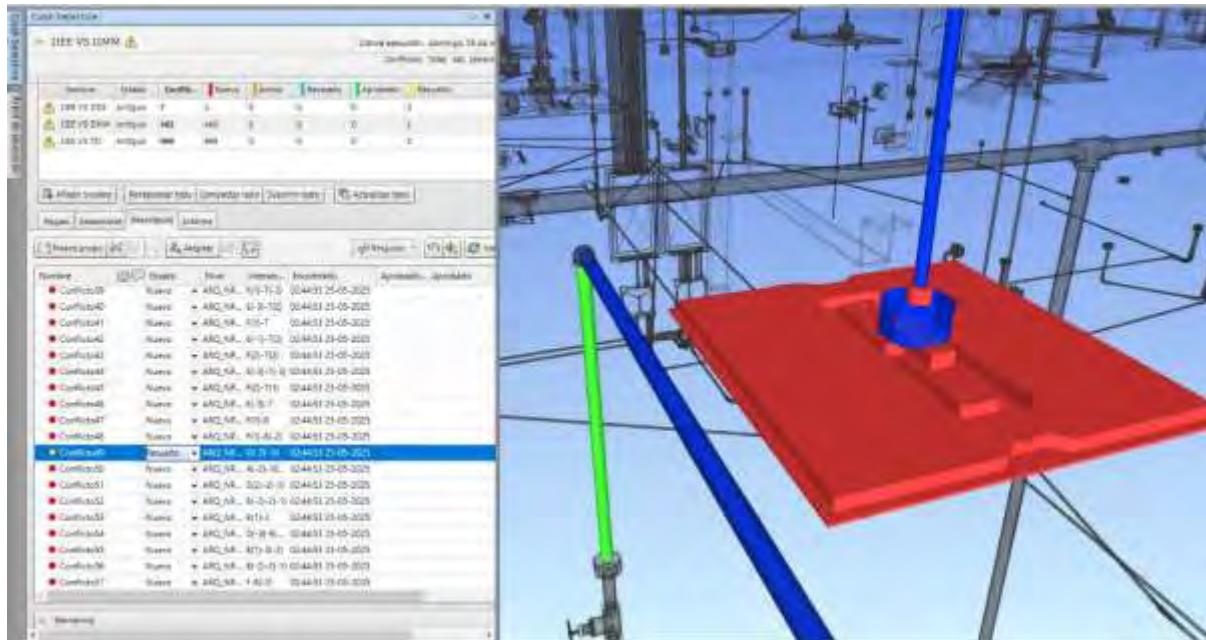
Fuente: Elaboración Propia

5.5.2. Interferencias Corregidas de Tercer Nivel con instalaciones mecánicas

En el análisis de interferencias de tercer nivel con instalaciones mecánicas se identificó el Conflicto 49, clasificado como grave. Este consistía en la intersección de la luminaria tipo plafón con la tubería de oxígeno medicinal. La solución implementada fue la reubicación precisa de la luminaria, ajustando su posición para evitar cualquier interferencia con el recorrido de la tubería, respetando el diseño de iluminación exigido por normativa y garantizando la seguridad de las instalaciones hospitalarias. Esta modificación no afectó el cálculo lumínico previsto en el ambiente, asegurando la distribución adecuada de iluminancia y el cumplimiento de los estándares eléctricos y mecánicos. La solución se documentó y actualizó en el modelo BIM, asegurando la compatibilidad interdisciplinaria y evitando interferencias futuras durante la etapa constructiva. Esta corrección permitió mantener la operatividad del sistema de oxígeno sin afectar su funcionalidad ni comprometer la instalación eléctrica.

Figura 98

Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 49 Grave

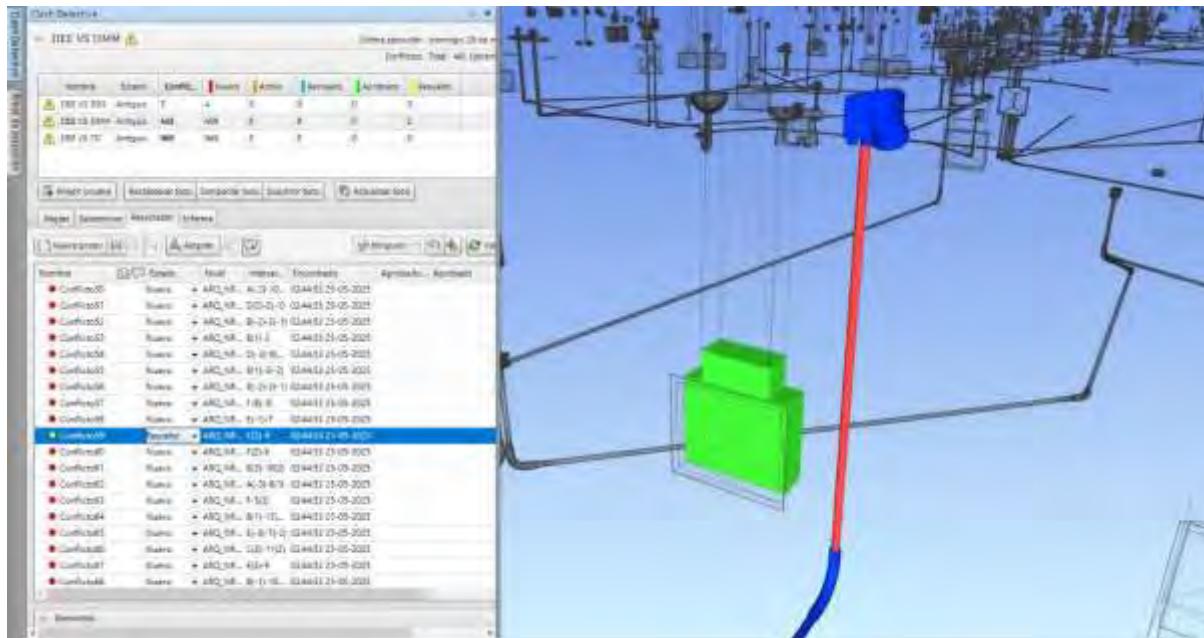


Fuente: Elaboración Propia

En el análisis de interferencias de tercer nivel con instalaciones mecánicas se identificó el Conflicto 59, clasificado como grave. La interferencia consistía en la intersección de la tubería eléctrica y la salida de fuerza con el extractor de aire ubicado en la sala quirúrgica. Para resolver esta incompatibilidad, se realizó la reubicación estratégica de la tubería y su salida de fuerza, asegurando el libre espacio para la instalación y operación del extractor de aire, sin afectar su eficiencia ni su posición de montaje definida por el diseño mecánico. Esta solución garantizó que el sistema de ventilación mantenga su funcionalidad plena, esencial para el control de calidad del aire en ambientes quirúrgicos, cumpliendo las normas de seguridad eléctrica y sanitaria establecidas. La corrección fue actualizada en el modelo BIM, permitiendo una adecuada coordinación interdisciplinaria y evitando conflictos durante la ejecución constructiva y la fase operativa.

Figura 99

Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 59 Grave

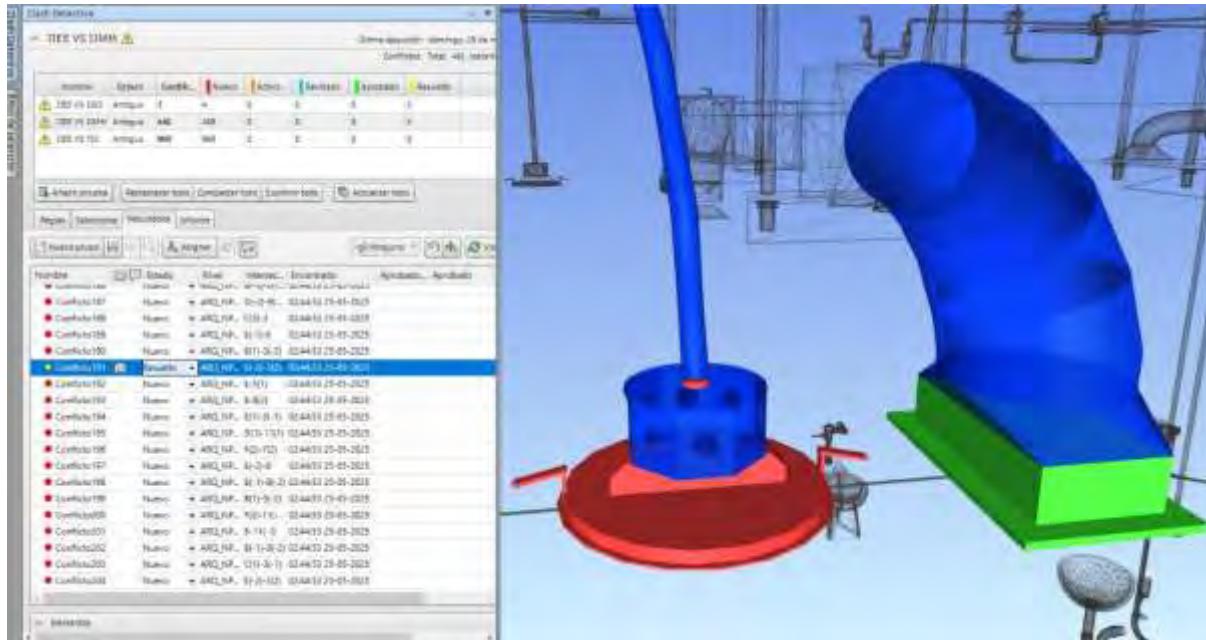


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de interferencias de tercer nivel con instalaciones mecánicas se detectó el Conflicto 191, clasificado como grave. La interferencia consistía en la superposición de la luminaria tipo plafón circular con el punto de extracción de aire instalado en el techo. Para su corrección, se procedió a la reubicación de la luminaria, asegurando la distancia mínima requerida para no afectar el flujo de aire extraído ni la distribución uniforme de la iluminación en el ambiente. Esta solución permitió garantizar la operatividad y funcionalidad de ambos sistemas, cumpliendo las especificaciones normativas de instalaciones eléctricas y mecánicas. El cambio fue registrado en el modelo BIM, optimizando la coordinación multidisciplinaria y reduciendo el riesgo de incompatibilidades durante la fase de construcción. La luminaria fue recolocada estratégicamente para mantener los niveles de iluminancia exigidos, evitando sombras o zonas oscuras en el área de atención y asegurando el confort visual de los usuarios.

Figura 100

Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 191 Grave

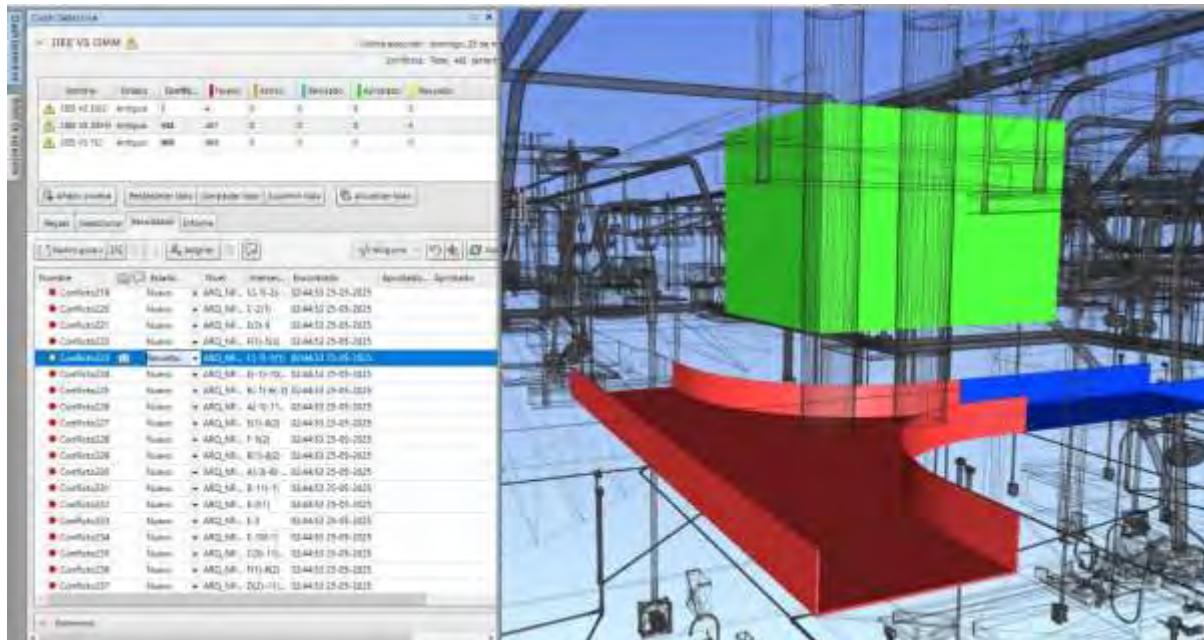


Fuente: Elaboración Propia

En la revisión de interferencias de tercer nivel con instalaciones mecánicas se identificó el Conflicto 223, clasificado como grave. La interferencia consistía en la colisión entre la bandeja de alimentadores eléctricos y el ducto de recirculación de aire, generando incompatibilidad para la correcta instalación de ambos sistemas. La solución implementada fue la reformulación del nivel de la bandeja de alimentadores, modificando su altura de instalación para garantizar el paso libre del ducto de aire. Este replanteo evitó afectaciones en el flujo de aire de recirculación, cumpliendo las condiciones de ventilación y asegurando que el sistema eléctrico conserve su accesibilidad y soporte estructural. La modificación fue registrada en el modelo BIM, permitiendo una coordinación integral entre especialidades y previniendo posibles retrabajos durante la ejecución. Con esta solución se respetaron los criterios de diseño, funcionalidad y mantenimiento de cada disciplina en la obra.

Figura 101

Interferencia de Tercer Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 223 Grave



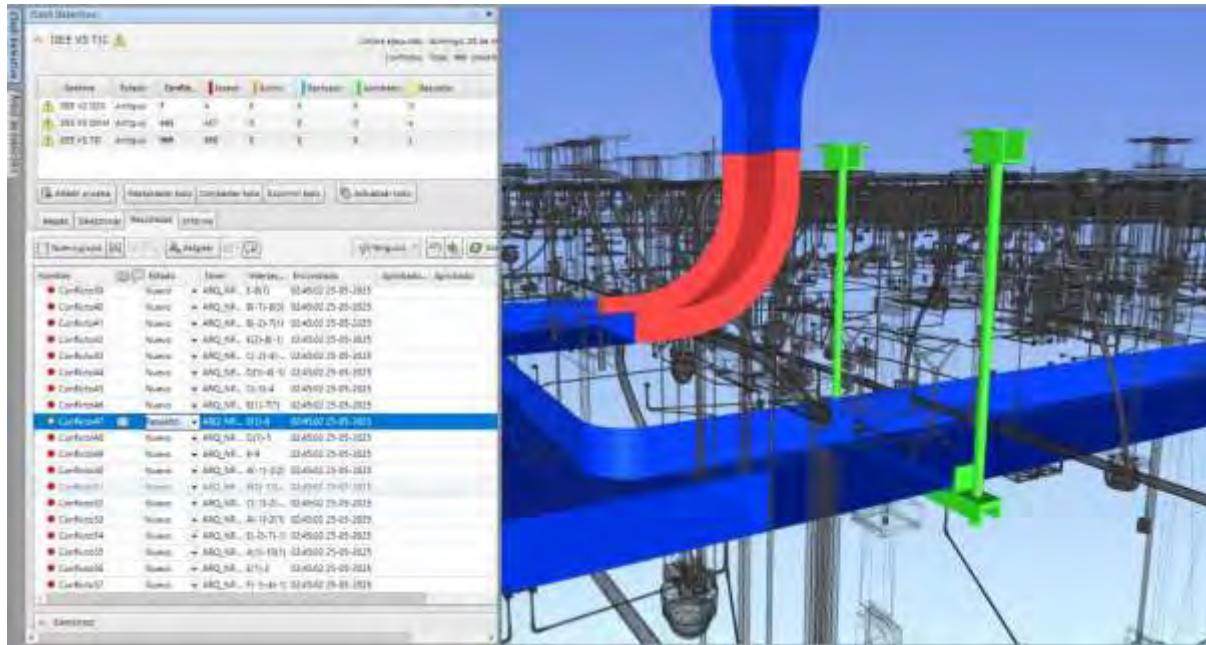
Fuente: Elaboración Propia

5.5.3. Interferencias Corregidas de Tercer Nivel con TIC

Durante la revisión de interferencias de tercer nivel con el sistema TIC se identificó el Conflicto 47, clasificado como grave. La colisión detectada correspondía a la sobreposición entre la bandeja de alimentadores eléctricos y el soporte a techo de la bandeja de comunicaciones, generando incompatibilidad en la instalación de ambos elementos. Para solucionar esta interferencia se realizó la reubicación de la bandeja de alimentadores, modificando su nivel de instalación y trayectoria con el fin de liberar el espacio requerido por la bandeja de comunicaciones. Esta corrección aseguró la continuidad de los sistemas eléctricos y de telecomunicaciones sin afectar su funcionalidad ni mantenimiento. La solución fue incorporada en el modelo BIM, permitiendo su validación en la coordinación interdisciplinaria y previniendo posibles problemas durante la construcción. Con esta medida se garantizó el cumplimiento de los criterios de diseño, la integridad estructural y la eficiencia operativa de ambas instalaciones en la obra.

Figura 102

Interferencia de Tercer Nivel corregida con TIC conflicto 47 Grave

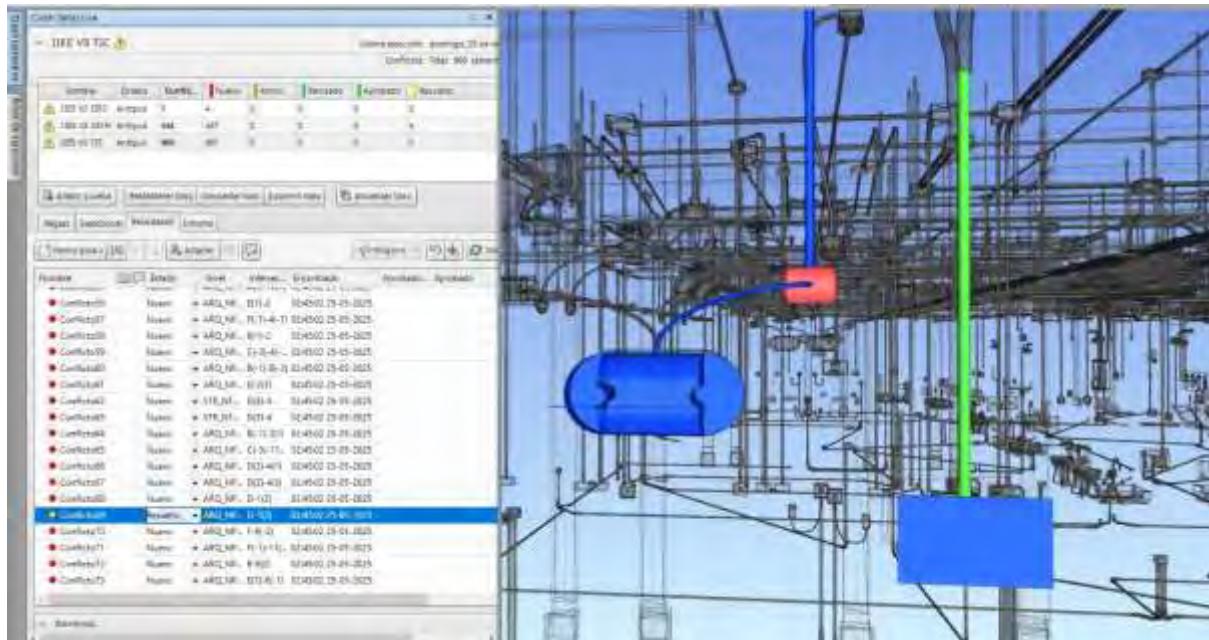


Fuente: Elaboración Propia

Durante la revisión de las interferencias de tercer nivel en coordinación con el sistema TIC se identificó el Conflicto 69, considerado grave. La colisión correspondía a la ubicación simultánea de la salida de tomacorriente para luz de emergencia y la salida destinada al reloj digital, generando problemas en la instalación y afectando la accesibilidad y el mantenimiento de ambos dispositivos. La solución implementada consistió en la reubicación estratégica de la salida de tomacorriente para la luz de emergencia, modificando su emplazamiento dentro del mismo muro sin alterar el circuito asignado, logrando así liberar el espacio requerido para la correcta instalación del reloj digital. Esta acción fue registrada en el modelo BIM y validada en la coordinación interdisciplinaria, asegurando el cumplimiento de las especificaciones de diseño y evitando interferencias futuras durante la ejecución de la obra. Con esta medida se garantiza la operatividad y funcionalidad de las instalaciones eléctricas y de TIC.

Figura 103

Interferencia de Tercer Nivel corregida con TIC conflicto 69 Grave

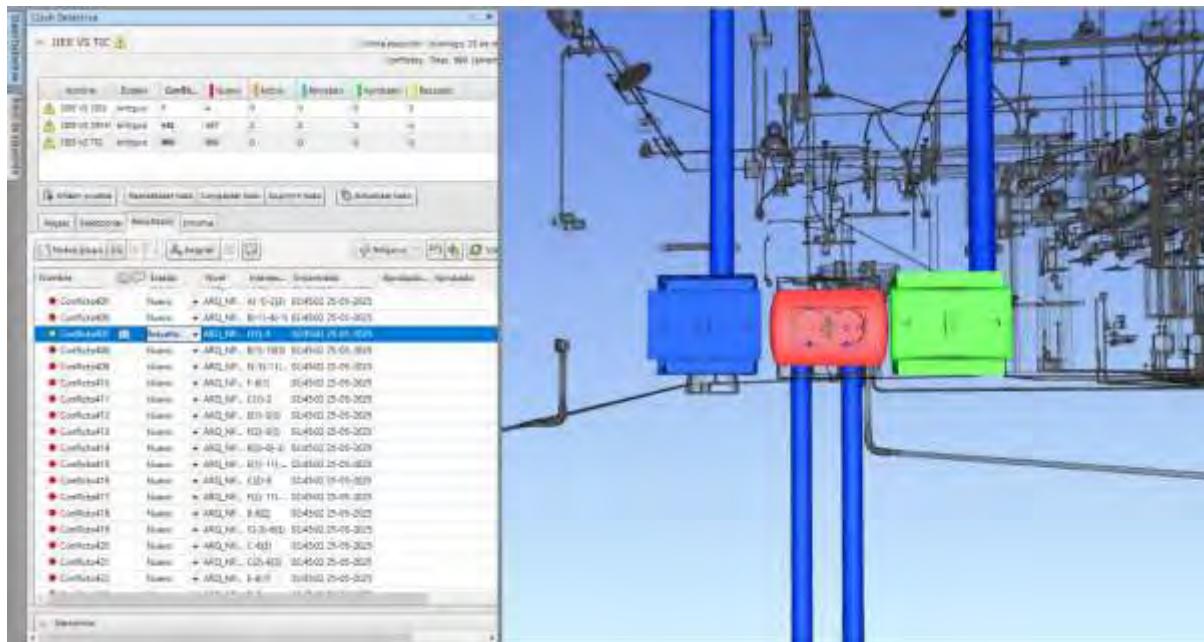


Fuente: Elaboración Propia

Durante la coordinación de las instalaciones TIC se identificó la interferencia grave Conflicto 407, generada por la ubicación de la salida de tomacorrientes junto con la salida HDMI para TV, ambas proyectadas a una altura de instalación de 2.20 m. La sobreposición entre ambas salidas imposibilitaba la instalación de los accesorios eléctricos y electrónicos correspondientes, afectando su funcionalidad y el cumplimiento de las especificaciones de diseño arquitectónico. Para corregir esta interferencia, se reubicó la salida de tomacorrientes a un punto lateral cercano, manteniendo la altura definida en el proyecto, permitiendo así la correcta instalación de la salida HDMI para el televisor. Esta solución fue verificada en el modelo BIM y validada en la reunión de coordinación multidisciplinaria, asegurando la compatibilidad entre las instalaciones eléctricas y de comunicaciones. Con ello se garantiza la operatividad, seguridad y facilidad de uso para el personal del área durante las actividades diarias.

Figura 104

Interferencia de Tercer Nivel corregida con TIC conflicto 407 Grave

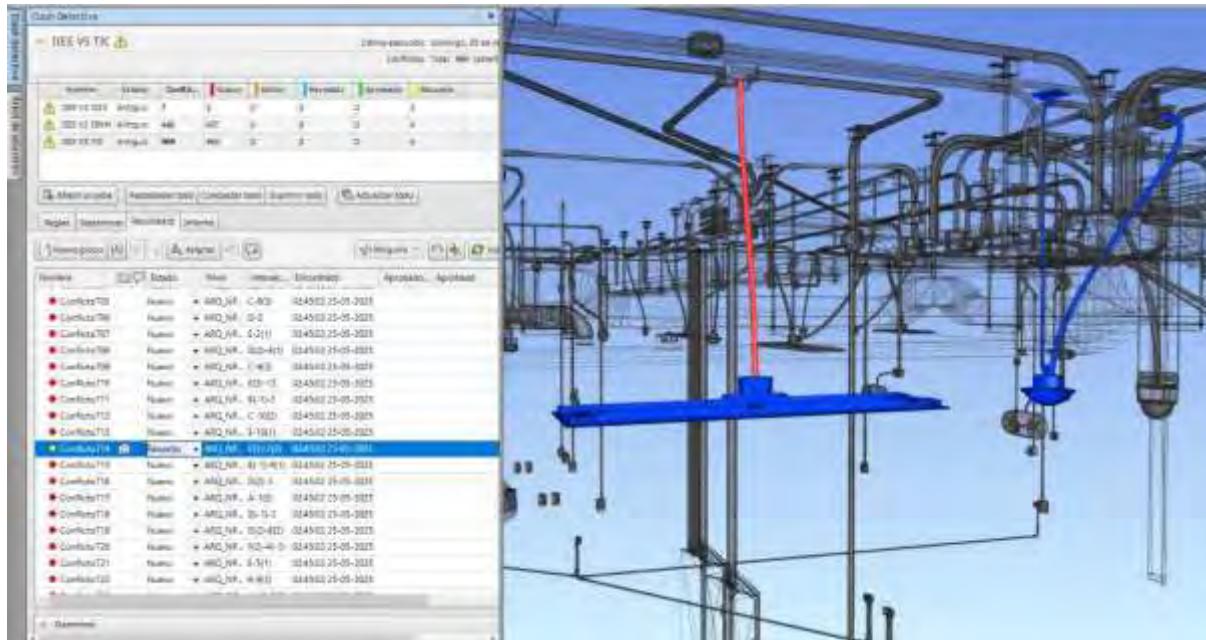


Fuente: Elaboración Propia

Se identificó la interferencia grave Conflicto 714 en la coordinación de instalaciones TIC, originada por la sobreposición de la salida de sensor de humo con la luminaria tipo panel proyectada en el techo. Esta situación generaba incompatibilidad en el montaje de ambos elementos, restringiendo el acceso para mantenimiento y reduciendo la eficiencia del sensor, ya que su cobertura se vería afectada por la cercanía a la luminaria. Para su corrección, se realizó la reubicación del sensor de humo hacia un punto libre de interferencias, manteniendo el radio de cobertura requerido según el diseño de protección contra incendios. La luminaria tipo panel se mantuvo en su posición original para conservar la uniformidad de iluminación del ambiente. Esta solución fue validada mediante la revisión del modelo BIM, asegurando la compatibilidad de ambas instalaciones, el cumplimiento normativo y la funcionalidad esperada de los sistemas eléctricos y de seguridad del proyecto.

Figura 105

Interferencia de Tercer Nivel corregida con TIC conflicto 714 Grave



Fuente: Elaboración Propia

5.6. Interferencias Corregidas Cuarto nivel

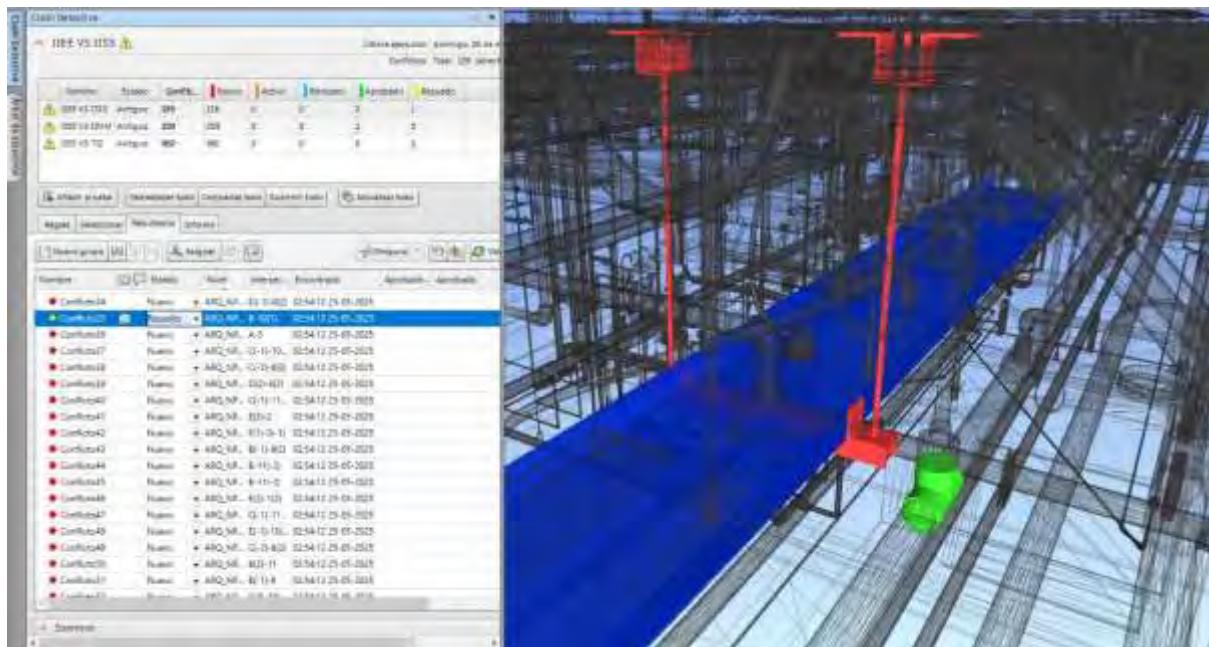
5.6.1. Interferencias Corregidas de Cuarto nivel con instalaciones sanitarias

Se identificó la interferencia grave Conflicto 35, originada por la sobreposición de la bandeja de alimentadores eléctricos con el soporte a techo de la red sanitaria. Esta colisión comprometía la correcta instalación de ambos sistemas, generando riesgos en el montaje, mantenimiento y funcionalidad estructural. La solución consistió en la reformulación del recorrido de la bandeja de alimentadores, reubicándola a un nivel superior, evitando así la interferencia directa con el soporte sanitario. Esta reubicación garantizó la separación mínima requerida según normativa, asegurando el acceso para futuras inspecciones o mantenimientos. La modificación fue verificada mediante el modelo BIM, validando la ausencia de nuevas interferencias con otras disciplinas, y manteniendo la operatividad de la red sanitaria y del sistema eléctrico de alimentadores. La solución fue implementada priorizando la seguridad de

las instalaciones y la compatibilidad constructiva del proyecto, cumpliendo con las especificaciones técnicas y constructivas establecidas.

Figura 106

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 35 Grave



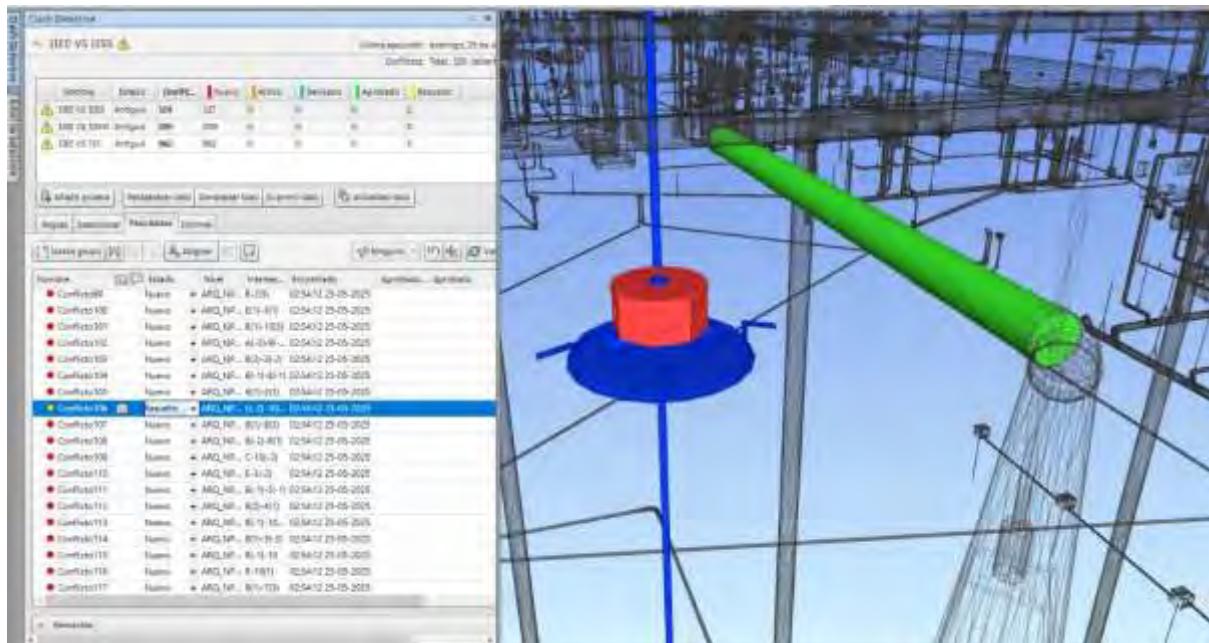
Fuente: Elaboración Propia

Se presentó la interferencia grave Conflicto 106, originada por la sobreposición de la luminaria tipo plafón con una tubería de desagüe de 2 pulgadas. Este cruce directo comprometía la instalación eléctrica y sanitaria, afectando tanto la funcionalidad como la seguridad de ambas especialidades. La solución implementada consistió en la reubicación de la luminaria, desplazándola a una zona libre de interferencias, manteniendo el mismo nivel de iluminación requerido para el área y respetando la distribución arquitectónica del proyecto. Este ajuste fue validado en el modelo BIM, asegurando la compatibilidad y distancia reglamentaria entre la luminaria y la tubería sanitaria, evitando problemas durante la construcción y futuros mantenimientos. La reformulación consideró además la accesibilidad para cambios de luminaria, garantizando su operatividad y prolongando su vida útil sin obstrucciones. La

solución fue registrada y aprobada, cumpliendo con las especificaciones técnicas del diseño integral de instalaciones.

Figura 107

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 106 Grave

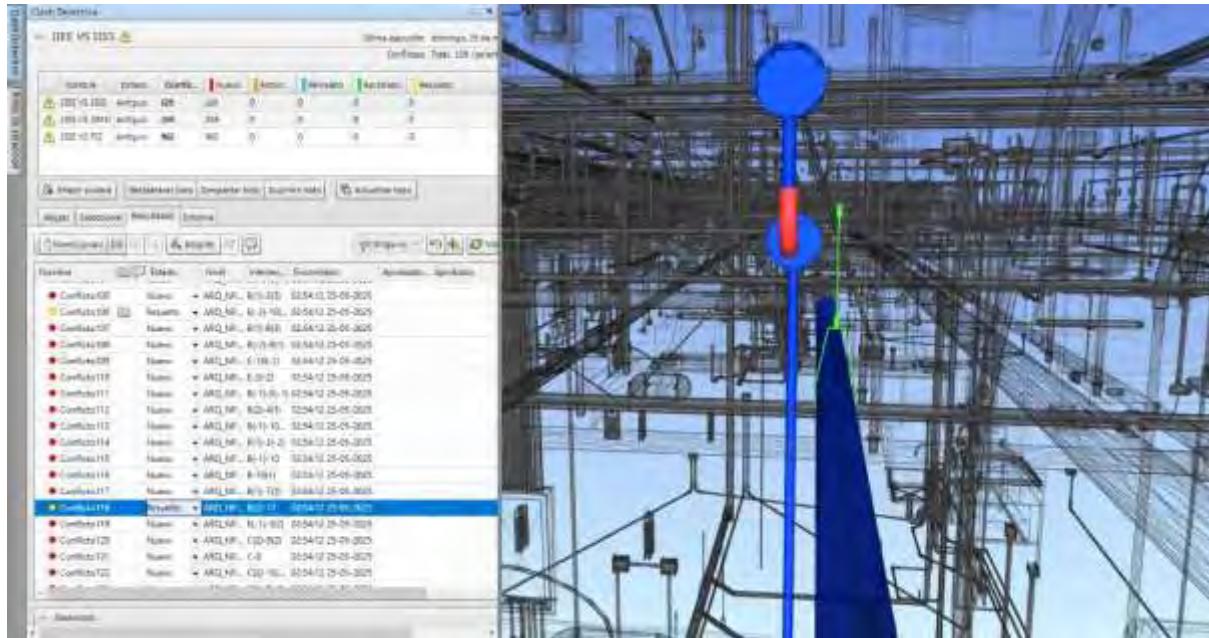


Fuente: Elaboración Propia

Se detectó la interferencia grave Conflicto 118, generada por la sobreposición de las salidas de cajas de paso octagonales con el soporte de la tubería de desagüe a techo. Esta colisión comprometía el montaje adecuado de ambas instalaciones, además de representar un riesgo durante la ejecución en obra y futuros mantenimientos. La solución implementada consistió en la reubicación estratégica de las cajas de paso, desplazándolas a un área libre de interferencias y conservando el diseño eléctrico previsto. El ajuste fue validado mediante la revisión del modelo BIM, asegurando la accesibilidad a las cajas de paso y manteniendo la correcta distribución de los puntos eléctricos según normativa. Este cambio garantizó la compatibilidad entre especialidades sin alterar el rendimiento del sistema sanitario ni eléctrico, optimizando los espacios de trabajo y evitando futuras modificaciones constructivas. La solución final fue aprobada y registrada en el modelo integral de coordinación de instalaciones.

Figura 108

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 118 Grave

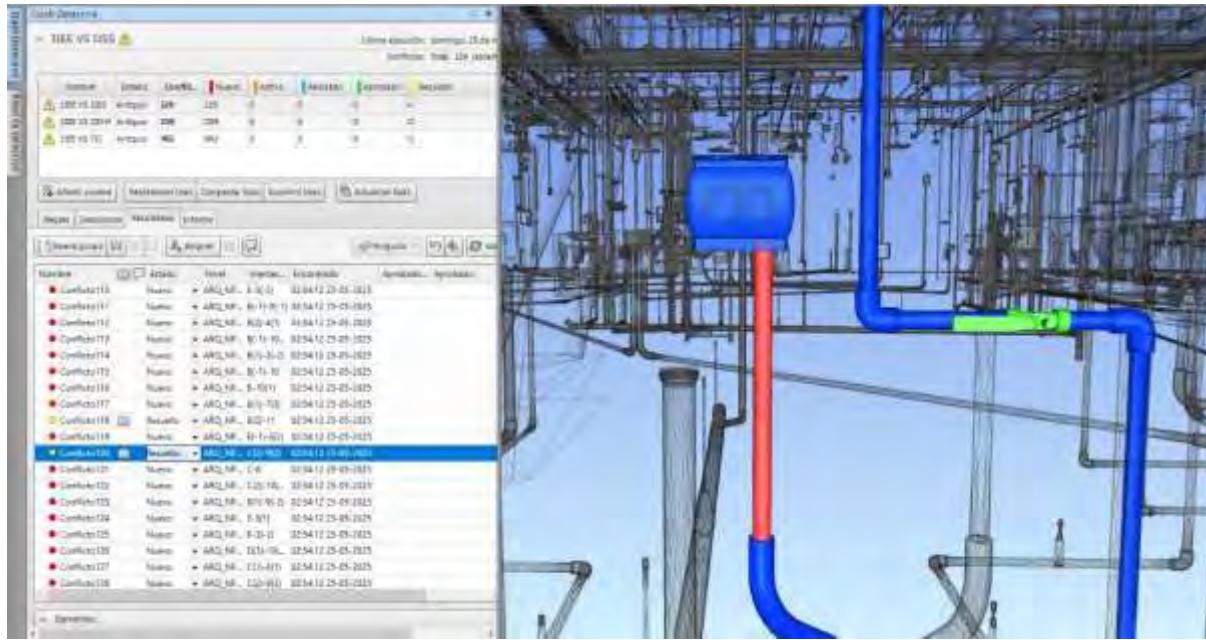


Fuente: Elaboración Propia

Se identificó la interferencia grave Conflicto 120, ocasionada por la ubicación de la salida de tomacorriente directamente frente a la llave de paso de la instalación sanitaria. Este cruce generaba limitaciones para la manipulación segura de la llave, además de representar un riesgo eléctrico y complicaciones en el mantenimiento futuro. La solución consistió en la reubicación del tomacorriente, desplazándolo lateralmente para asegurar su accesibilidad y funcionalidad sin obstruir el manejo de la llave sanitaria. Esta modificación se validó en el modelo BIM para garantizar que la nueva posición cumpla con las normativas de seguridad eléctrica y ergonomía, manteniendo además la estética y distribución de las salidas eléctricas en el ambiente. Con esta corrección, se eliminó el riesgo de interferencia y se mejoró la coordinación entre las especialidades involucradas, evitando posibles retrabajos durante la ejecución de obra y optimizando la operatividad de las instalaciones sanitarias y eléctricas.

Figura 109

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Sanitarias conflicto 120 Grave



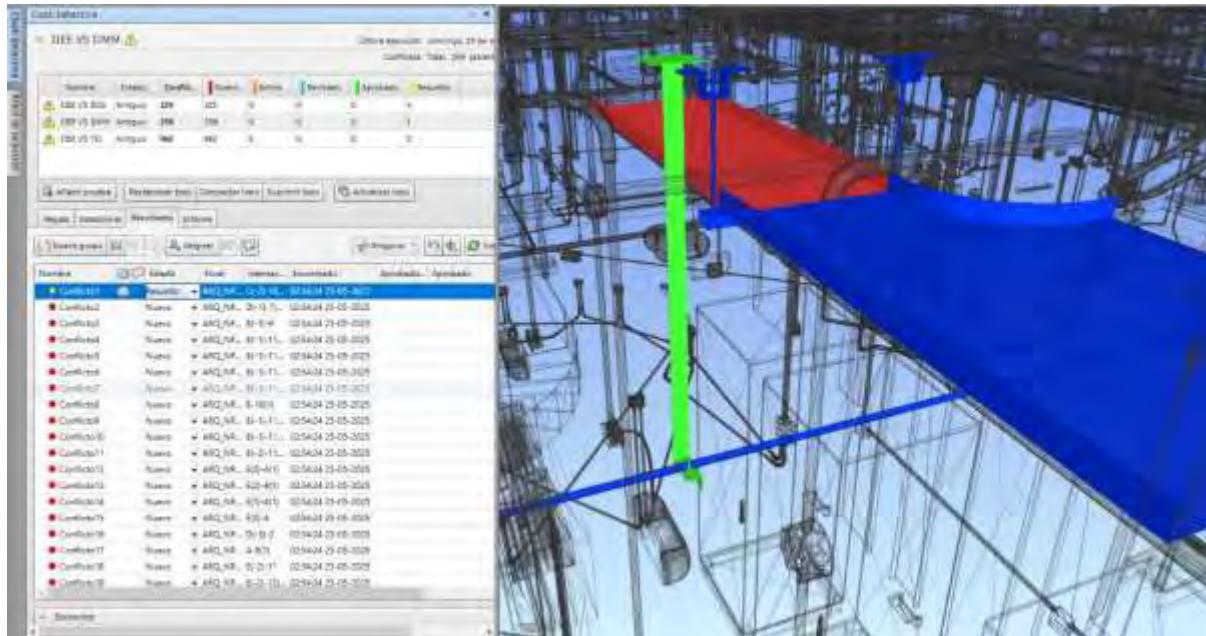
Fuente: Elaboración Propia

5.6.2. Interferencias Corregidas de Cuarto Nivel con instalaciones mecánicas

Se detectó la interferencia grave Conflicto 01 correspondiente al cruce entre la bandeja de alimentadores eléctricos y el soporte a techo de la tubería de oxígeno medicinal. Esta situación comprometía la instalación ordenada y segura de ambos sistemas, generando un riesgo potencial en la operatividad del suministro de gases medicinales. La solución consistió en la reubicación de la bandeja de alimentadores, modificando su altura y desplazamiento lateral para evitar su intersección con el soporte de oxígeno. Con esta corrección se garantizó la continuidad del trayecto de la tubería de gases medicinales sin obstáculos, cumpliendo las normativas de instalaciones hospitalarias y asegurando la accesibilidad para futuras inspecciones y mantenimientos. La reubicación fue validada en el modelo BIM para verificar compatibilidad y liberación de espacios, mejorando la coordinación entre especialidades y evitando impactos negativos en la ejecución de obra y el cronograma de instalaciones mecánicas y eléctricas.

Figura 110

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 01 Grave

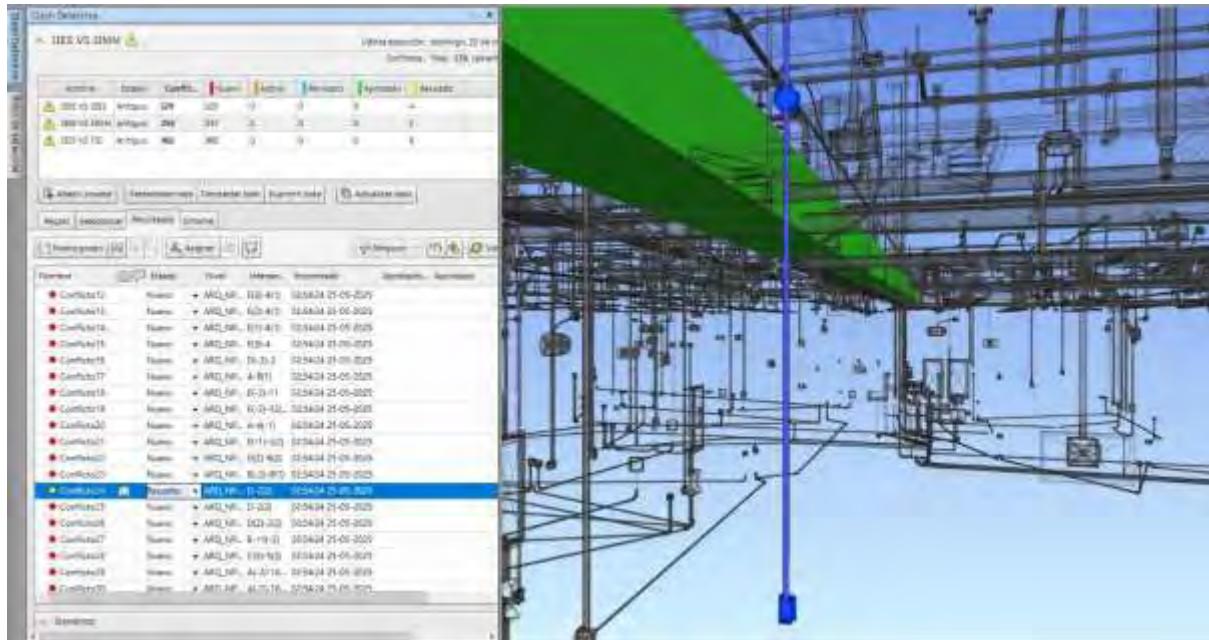


Fuente: Elaboración Propia

Se identificó la interferencia grave Conflicto 24 originada por la bajada de la tubería para interruptor eléctrico que interceptaba el recorrido del ducto de recirculación de aire. Este cruce generaba incompatibilidad en la instalación de ambos sistemas y limitaba el acceso para su mantenimiento. La solución implementada consistió en la reubicación de la bajada de la tubería, modificando su trayectoria vertical y desplazándola lateralmente para liberar el espacio del ducto. Con esta corrección se aseguró la continuidad del flujo de aire en el sistema de climatización sin obstrucciones y se mantuvo la accesibilidad y funcionalidad del interruptor eléctrico proyectado. La modificación fue validada mediante el modelo BIM, verificando la compatibilidad geométrica y funcional con las demás disciplinas, asegurando el cumplimiento de las normas de instalaciones hospitalarias, garantizando la seguridad operativa y reduciendo riesgos de interferencia durante el proceso constructivo y su posterior mantenimiento en obra.

Figura 111

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 24 Grave

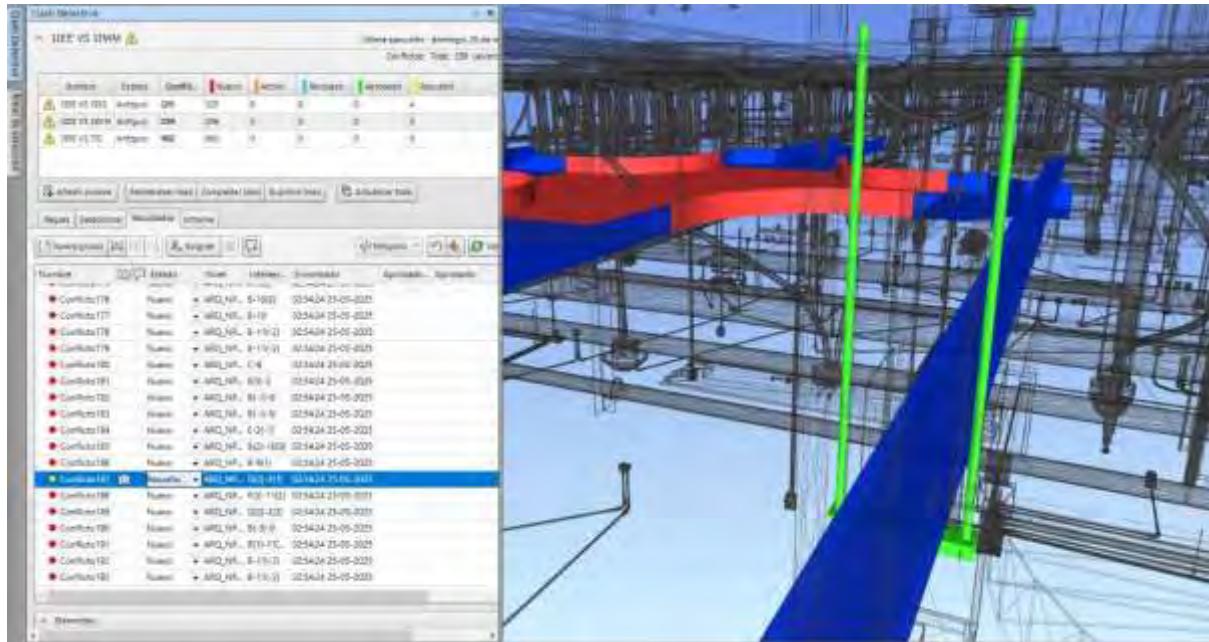


Fuente: Elaboración Propia

Se detectó la interferencia grave Conflicto 187 producida por la intersección del soporte a techo del ducto de recirculación de aire con la trayectoria de la bandeja de alimentadores eléctricos. Esta superposición generaba restricciones en la instalación de ambos elementos, afectando su correcto montaje y mantenimiento. La solución adoptada consistió en la reubicación del soporte a techo del ducto de recirculación, desplazándolo lateralmente para liberar la zona de cruce con la bandeja de alimentadores. Esta modificación permitió mantener la continuidad del recorrido eléctrico sin obstrucciones y asegurar la sujeción adecuada del ducto a la estructura. La propuesta fue validada mediante el modelo BIM, garantizando la compatibilidad y el cumplimiento de los estándares técnicos y normativos. Con la corrección se optimizó el espacio disponible, asegurando la funcionalidad de ambas instalaciones y mejorando la coordinación interdisciplinaria durante la fase de ejecución y operación del proyecto.

Figura 112

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 187 Grave

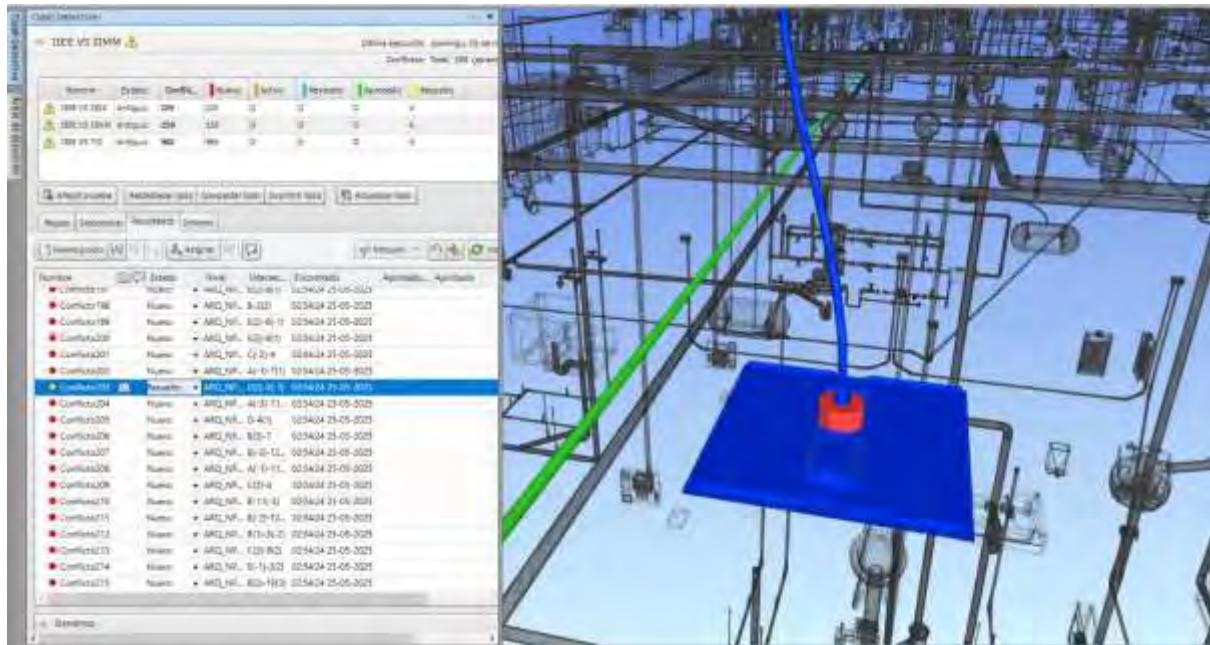


Fuente: Elaboración Propia

Se detectó la interferencia grave Conflicto 203 debido a la intersección de la luminaria tipo panel con la tubería de oxígeno medicinal. Esta superposición generaba incompatibilidad en la instalación, ya que la luminaria invadía el recorrido de la tubería, afectando su montaje seguro y el mantenimiento posterior de ambas instalaciones. La solución implementada consistió en la reubicación de la luminaria tipo panel, desplazándola de su posición inicial para evitar interferencias con la tubería de oxígeno. Este cambio permitió mantener la correcta iluminación del área sin comprometer la integridad ni accesibilidad de la línea de gases medicinales. La modificación fue validada mediante la revisión en el modelo BIM, asegurando la viabilidad técnica y cumpliendo con los estándares normativos de instalaciones eléctricas y mecánicas hospitalarias. Con esta corrección se garantizó la operatividad, seguridad y coordinación de los sistemas, evitando futuros inconvenientes en la etapa de ejecución y operación del proyecto.

Figura 113

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con Instalaciones Mecánicas conflicto 203 Grave



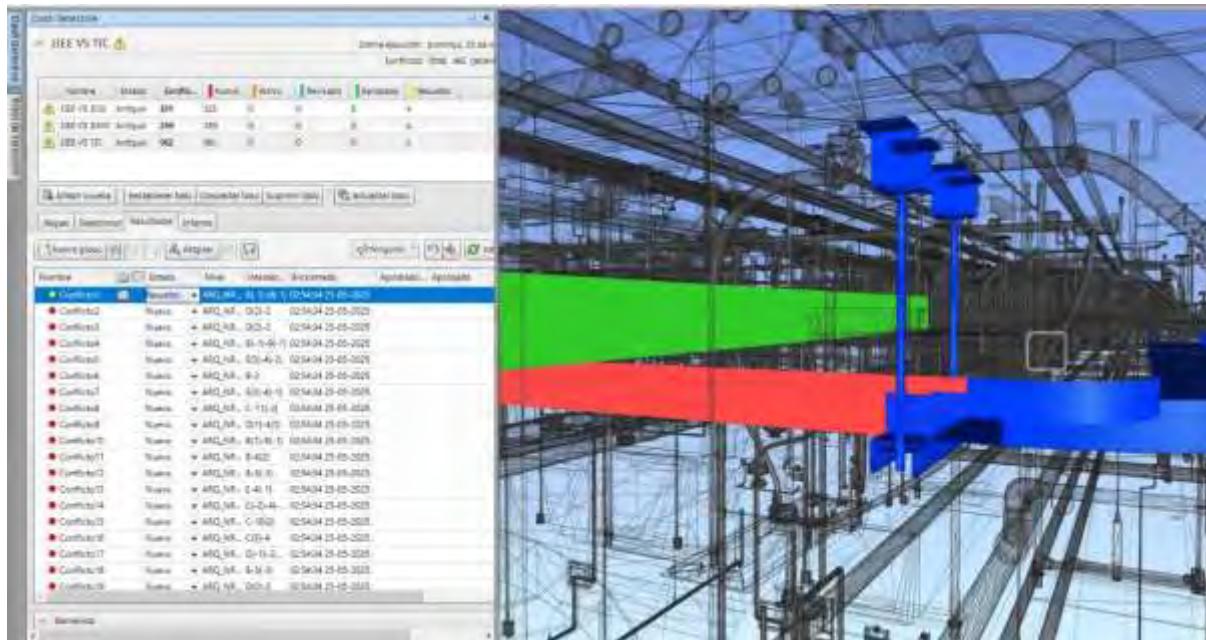
Fuente: Elaboración Propia

5.6.3. Interferencias Corregidas de Cuarto Nivel con TIC

Se identificó la interferencia grave Conflicto 54 por la sobreposición del soporte de la bandeja de alimentadores eléctricos con la bandeja de distribución de comunicaciones. Esta colisión generaba incompatibilidad entre ambas instalaciones, afectando su montaje y continuidad, además de incumplir con el distanciamiento necesario entre sistemas eléctricos y de comunicaciones. La solución implementada consistió en la reubicación del soporte de la bandeja de alimentadores, modificando su anclaje al techo y su alineación, sin alterar la funcionalidad de los alimentadores eléctricos ni de la bandeja de datos. El cambio fue verificado en el modelo BIM, asegurando su viabilidad técnica y el cumplimiento de las normas de instalaciones eléctricas y de TIC en edificaciones hospitalarias. Con esta corrección se garantizó la integridad de ambos sistemas, facilitando su instalación y mantenimiento seguro, eliminando interferencias y asegurando la coordinación multidisciplinaria requerida en las fases de construcción y operación del proyecto.

Figura 114

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con TIC conflicto 54 Grave

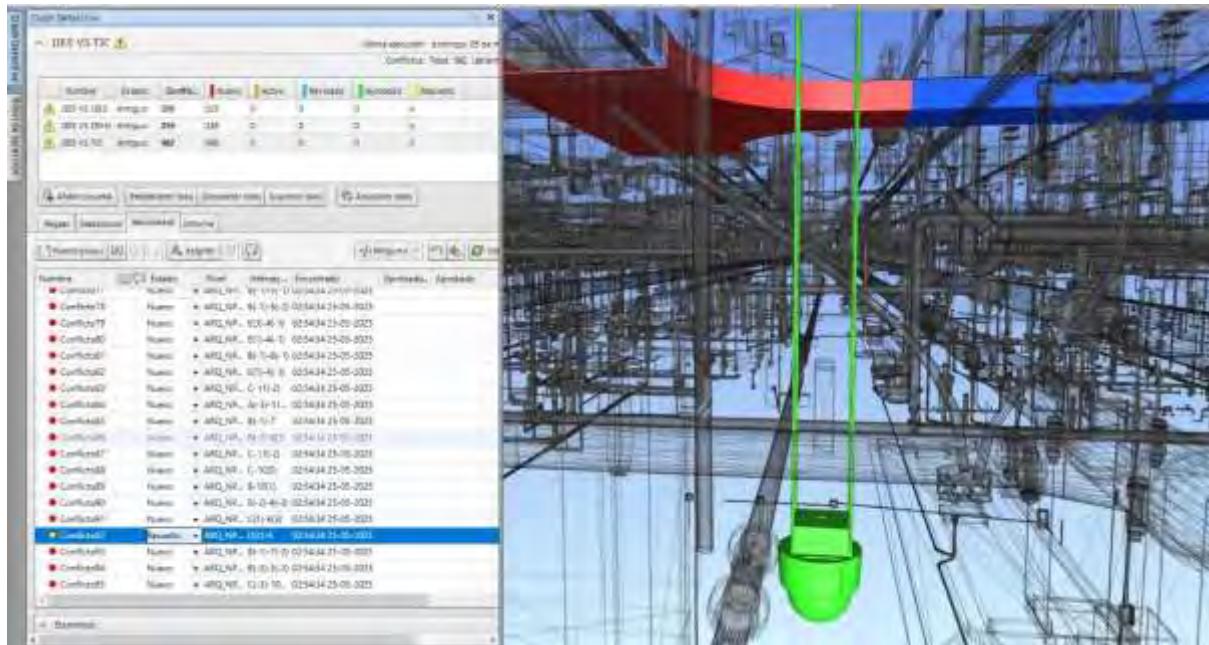


Fuente: Elaboración Propia

Se detectó la interferencia grave Conflicto 92, ocasionada por la ubicación de la cámara tipo domo que colisionaba directamente con el soporte a techo de las bandejas de alimentadores eléctricos. Este conflicto generaba un riesgo en la instalación, ya que la estructura del soporte limitaba el ángulo de visión de la cámara y afectaba su montaje seguro, además de incumplir el distanciamiento mínimo entre sistemas eléctricos y de telecomunicaciones. La solución implementada fue la reubicación de la cámara tipo domo, desplazándola lateralmente y reorientando su eje de visión sin afectar la cobertura de monitoreo del área. Asimismo, se verificó en el modelo BIM que la nueva ubicación no genere nuevas interferencias con otros elementos del sistema eléctrico, sanitario o mecánico. Con esta acción se garantiza la funcionalidad completa del sistema CCTV y la instalación adecuada de las bandejas eléctricas, cumpliendo con los criterios de coordinación multidisciplinaria y normativas vigentes.

Figura 115

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con TIC conflicto 92 Grave

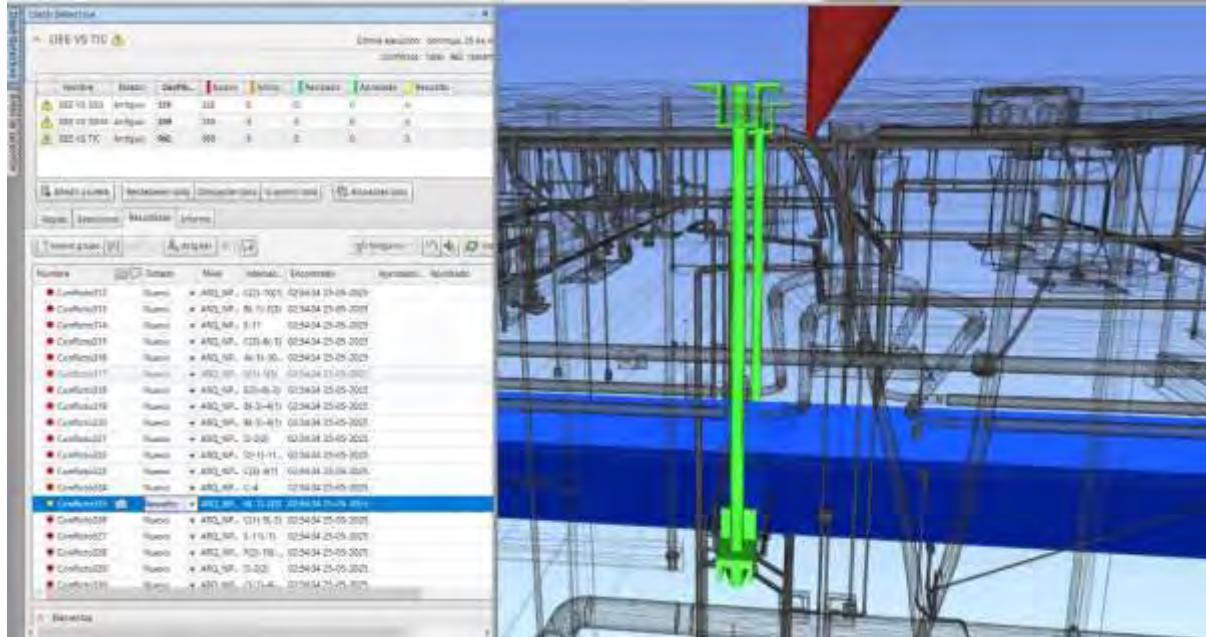


Fuente: Elaboración Propia

Se identificó la interferencia grave Conflicto 325, generada por la ubicación del soporte de suspensión de la tubería de comunicaciones, el cual coincidía con el soporte a techo de las bandejas de alimentadores eléctricos. Esta superposición presentaba riesgo estructural y afectaba la correcta instalación de ambos sistemas, limitando el espacio de mantenimiento y accesibilidad de las bandejas eléctricas. Para corregir esta interferencia se realizó la reubicación del soporte de la tubería de comunicaciones, desplazándolo lateralmente y modificando su ángulo de fijación para liberar la trayectoria del soporte eléctrico sin afectar la pendiente, sujeción ni funcionalidad de la tubería de comunicaciones. Se verificó en el modelo BIM que la nueva ubicación cumpla con los requerimientos técnicos y no genere nuevas colisiones. Con esta acción se asegura la compatibilidad entre sistemas eléctricos y TIC, permitiendo la instalación ordenada, segura y conforme a los lineamientos de coordinación multidisciplinaria en el proyecto.

Figura 116

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con TIC conflicto 325 Grave

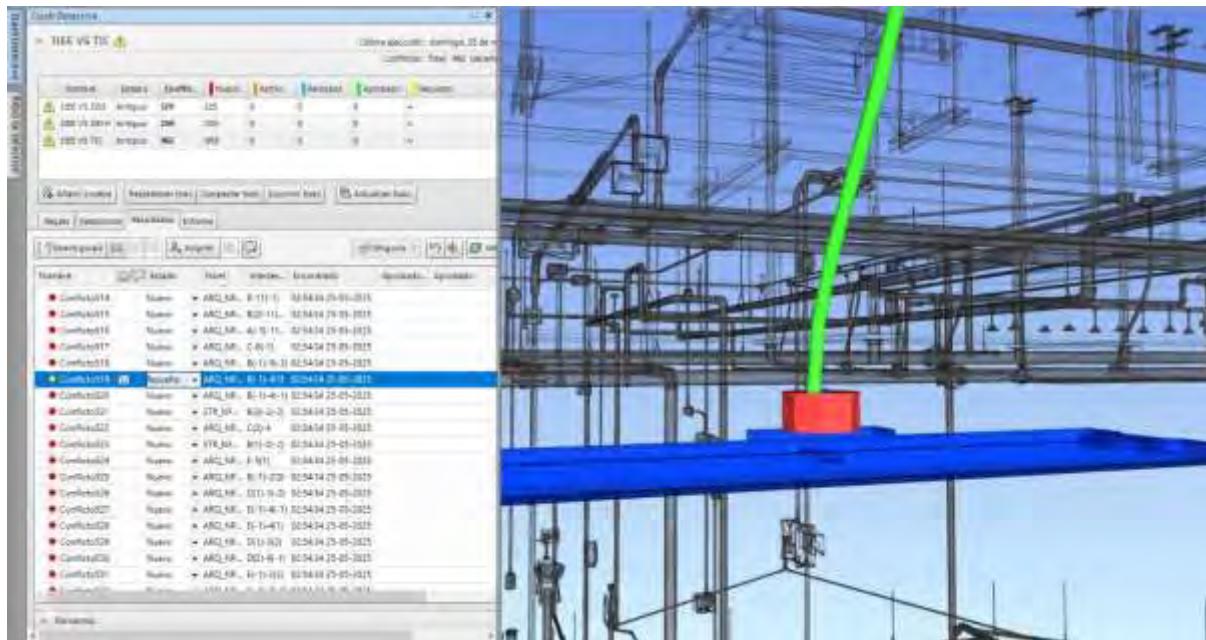


Fuente: Elaboración Propia

Se detectó la interferencia grave Conflicto 519, ocasionada por la ubicación del soporte de salida del sensor de humo, el cual se encontraba en intersección directa con la salida de la luminaria tipo panel en el techo. Esta superposición generaba incompatibilidad para su instalación, reduciendo el área de servicio del sensor y dificultando la correcta fijación de la luminaria. Para su corrección se realizó el replanteo de la salida de luz, reubicando la luminaria tipo panel a un área libre de interferencias y desplazando el soporte del sensor de humo para conservar su rango de cobertura conforme a las especificaciones de seguridad del proyecto. La solución se verificó en el modelo BIM asegurando el cumplimiento normativo y la correcta disposición espacial sin generar nuevas colisiones. Con esta acción se garantiza la operatividad de los sistemas eléctricos y de detección de incendios, contribuyendo a la coordinación efectiva de instalaciones en obra.

Figura 117

Interferencia de Cuarto Nivel corregida con TIC conflicto 519 Grave



Fuente: Elaboración Propia

5.7. Proceso de detección de interferencias en Navisworks con diseño corregido

La detección de interferencias constituye una etapa fundamental en la coordinación de especialidades dentro de proyectos BIM. Mediante el uso de Navisworks se realizó la verificación del modelo, identificando las colisiones existentes entre instalaciones eléctricas, sanitarias, mecánicas y TIC. A continuación, se presenta el resumen de interferencias corregidas según especialidad.

La Tabla 15 presenta el resumen de las interferencias corregidas tras el proceso de coordinación en Navisworks.

Tabla 14

Interferencias Primer Nivel Corregidas - Reporte por Especialidad

Ítem	Especialidad	Especialidad	# Interferencias	%
1	Inst. Eléctricas	Inst. Sanitarias	3	1.56

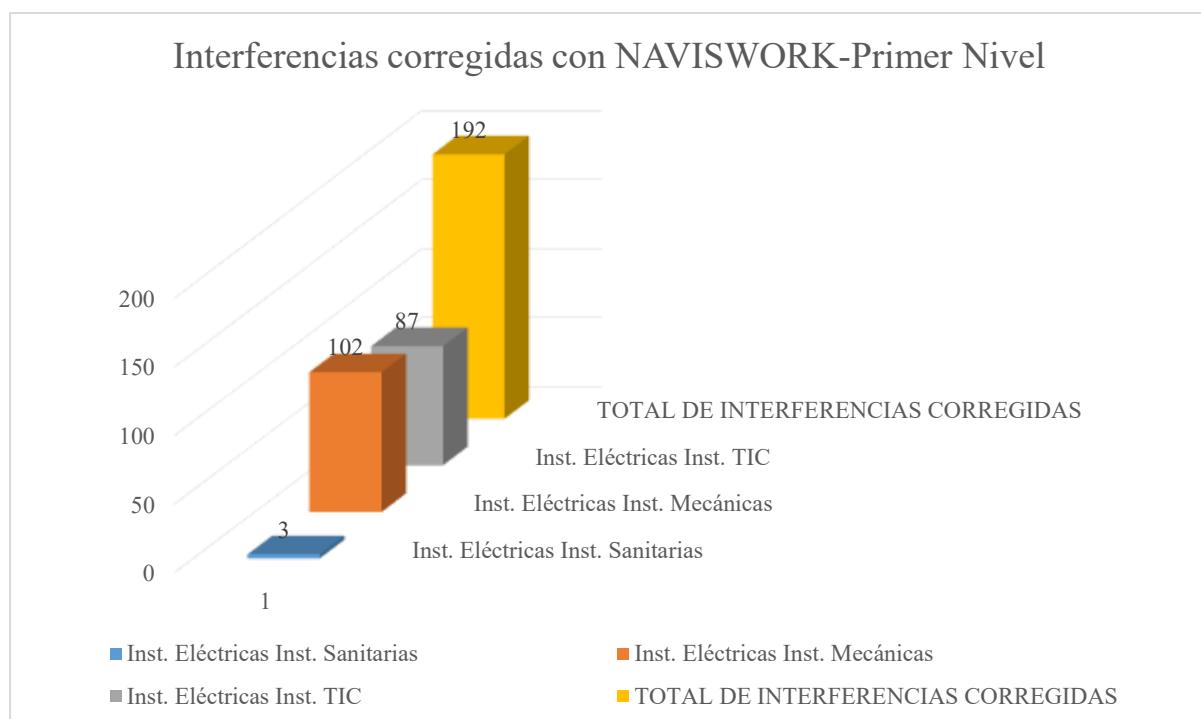
2	Inst. Eléctricas	Inst. Mecánicas	102	53.13
3	Inst. Eléctricas	Inst. TIC	87	45.31
TOTAL DE INTERFERENCIAS CORREGIDAS			192	100%

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que la mayor cantidad de interferencias corregidas corresponde a la interacción entre las instalaciones eléctricas y mecánicas, representando un 53.13% del total. Esto evidencia la necesidad de fortalecer la coordinación entre estas disciplinas, especialmente en el diseño de soportes y rutas de ductos. Por su parte, las interferencias con instalaciones TIC alcanzaron un 45.31%, reflejando también la relevancia de replantear la ubicación de bandejas, luminarias y sensores para evitar conflictos con canalizaciones de comunicaciones. Finalmente, un 1.56% correspondió a interferencias con instalaciones sanitarias, lo que indica un bajo impacto en este caso.

Figura 118

Distribución de interferencias – Primer Nivel según especialidad (diseño corregido)



Fuente: Elaboración Propia

La revisión de interferencias en el segundo nivel se realizó empleando Navisworks Manage, con el objetivo de garantizar la correcta coordinación entre las instalaciones proyectadas. Este análisis permitió identificar y corregir conflictos antes de la fase constructiva, asegurando un montaje eficiente y evitando modificaciones costosas en obra.

La Tabla 16 resume las interferencias corregidas en este nivel, diferenciadas por las especialidades involucradas.

Tabla 15

Interferencias Segundo Nivel Corregidas - Reporte por Especialidad

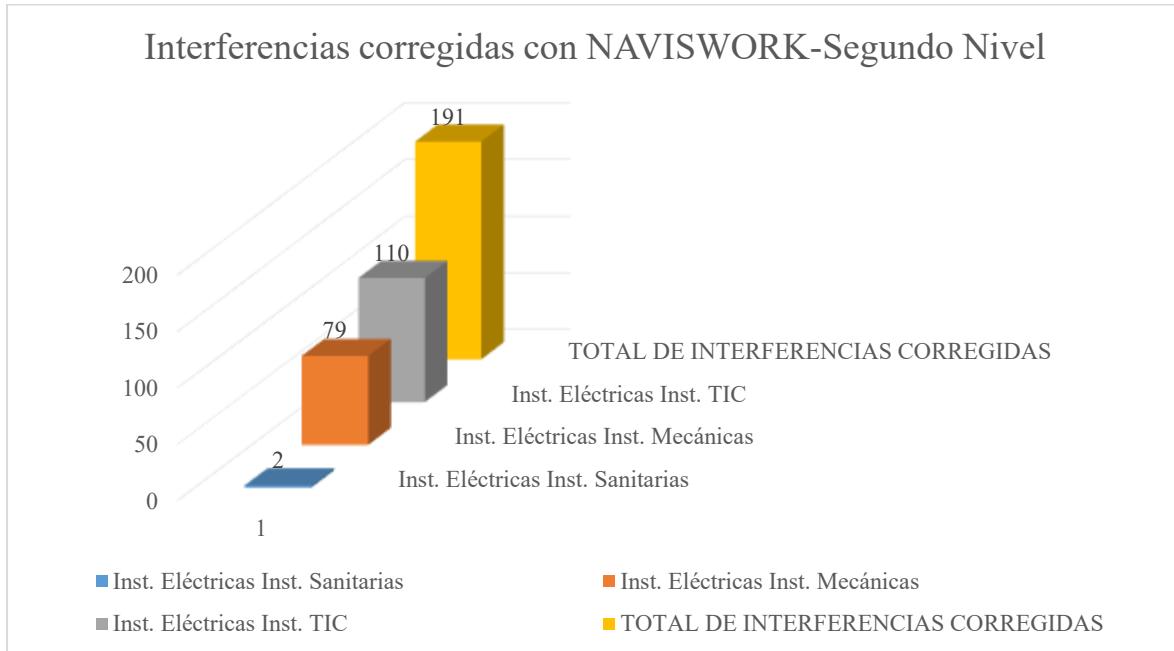
Ítem	Especialidad	Especialidad	# Interferencias	%
1	Inst. Eléctricas	Inst. Sanitarias	2	1.05
2	Inst. Eléctricas	Inst. Mecánicas	79	41.36
3	Inst. Eléctricas	Inst. TIC	110	57.59
TOTAL DE INTERFERENCIAS CORREGIDAS			191	100%

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que las interferencias más frecuentes correspondieron a las instalaciones eléctricas con los sistemas de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), alcanzando un 57.59% del total. Esto se debe a que ambos sistemas comparten rutas en cielo raso, bandejas portacables y puntos de conexión cercanos, generando colisiones en espacios reducidos como salas técnicas, oficinas y consultorios. Por su parte, las interferencias con instalaciones mecánicas representaron el 41.36%, debido principalmente a conflictos con ductos de climatización, soportes de extracción de aire, montantes de gases medicinales y tuberías de HVAC que comparten espacios de paso con canalizaciones eléctricas. Finalmente, las interferencias con instalaciones sanitarias fueron mínimas (1.05%), evidenciando que los diseños sanitarios y eléctricos mantienen rutas independientes en la mayoría de ambientes, reduciendo el riesgo de colisión.

Figura 119

Distribución de interferencias – Segundo Nivel según especialidad (diseño corregido)



Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 17 muestra el reporte de interferencias corregidas en este nivel, diferenciadas por las especialidades involucradas.

Tabla 16

Interferencias Tercer Nivel Corregidas - Reporte por Especialidad

Ítem	Especialidad	Especialidad	# Interferencias	%
1	Inst. Eléctricas	Inst. Sanitarias	1	0.22
2	Inst. Eléctricas	Inst. Mecánicas	273	59.61
3	Inst. Eléctricas	Inst. TIC	184	40.17
TOTAL DE INTERFERENCIAS CORREGIDAS			458	100%

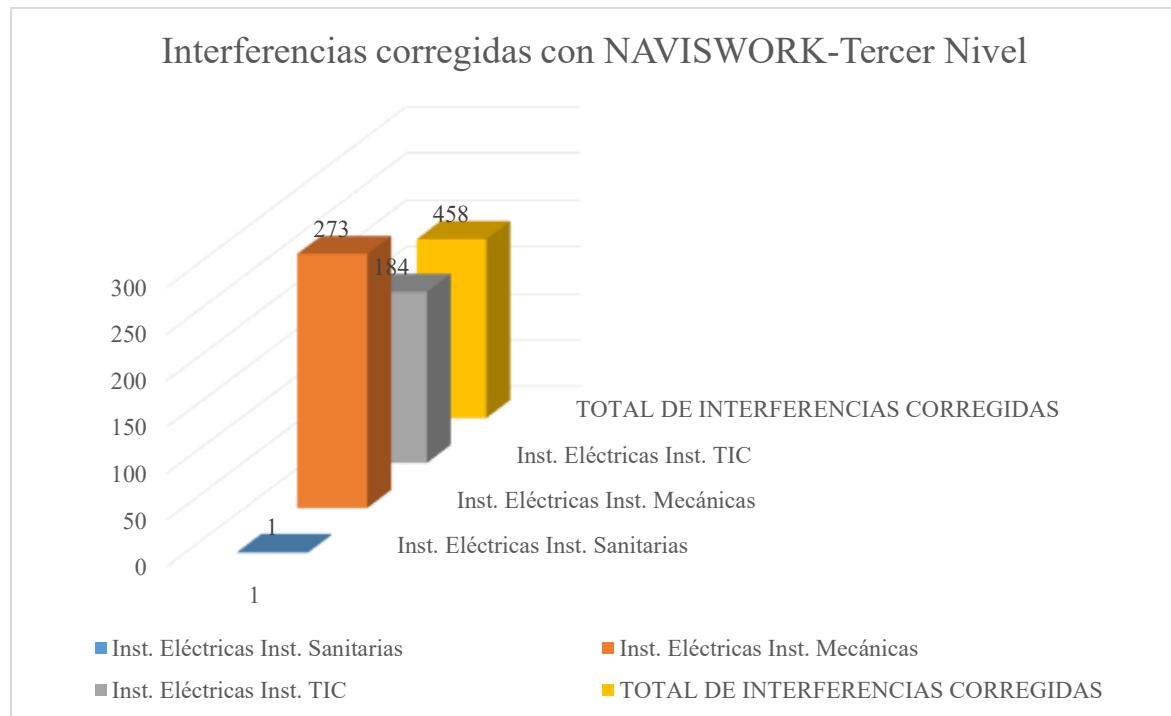
Fuente: Elaboración Propia

Se evidencia que el mayor porcentaje de interferencias corregidas corresponde a la interacción entre instalaciones eléctricas e instalaciones mecánicas (59.61%). Esto se debe principalmente a la alta concentración de ductos de climatización, sistemas de extracción e

inyección de aire y montantes de gases medicinales, que comparten espacios de instalación con bandejas portacables y luminarias eléctricas, generando conflictos en alturas, soportes y rutas. En segundo lugar, las interferencias entre instalaciones eléctricas y TIC representaron el 40.17%. Estas se originaron por la coincidencia de soportes, bandejas de datos, salidas de tomacorrientes y puntos de acceso a redes en áreas como salas de procedimientos, consultorios y áreas administrativas, donde la distribución de servicios es densa y requiere precisión en la ubicación de cada componente. Finalmente, las interferencias con instalaciones sanitarias fueron mínimas (0.22%), evidenciando una adecuada coordinación previa en el trazado de tuberías sanitarias y canalizaciones eléctricas, ya que ocupan generalmente niveles diferentes en piso o cielo raso.

Figura 120

Distribución de interferencias – Tercer Nivel según especialidad (diseño corregido)



Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 18 presenta el resumen de interferencias corregidas en este nivel, diferenciadas por las especialidades involucradas.

Tabla 17

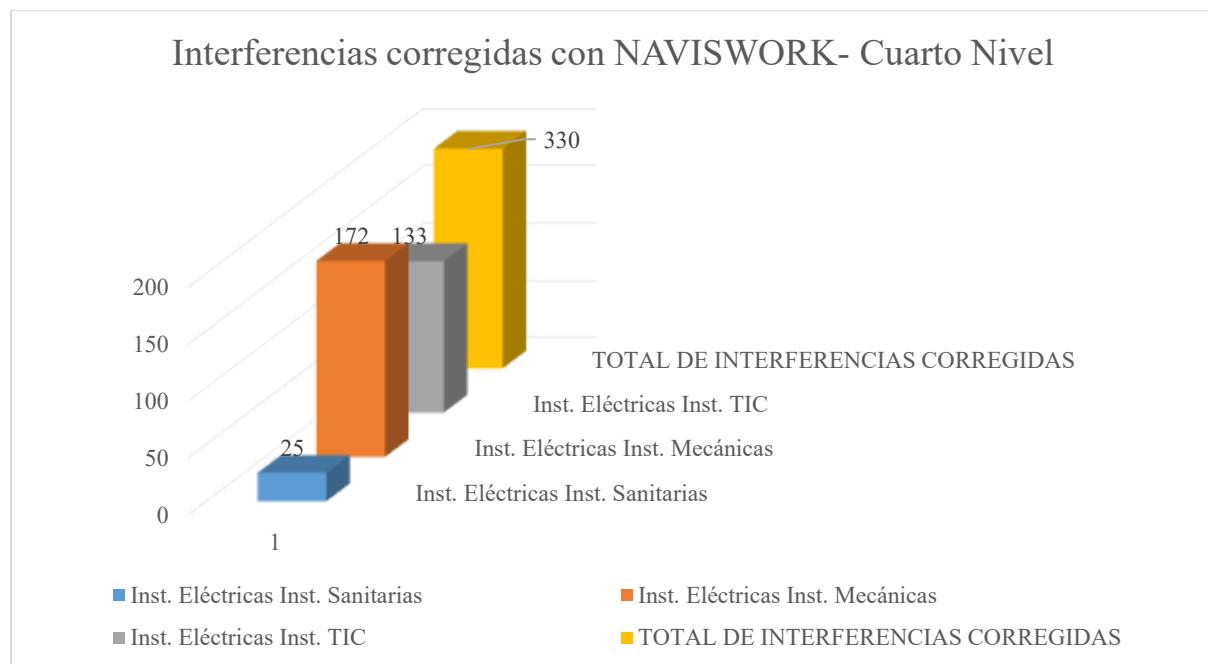
Interferencias Cuarto Nivel Corregidas - Reporte por Especialidad

Ítem	Especialidad	Especialidad	# Interferencias	%
1	Inst. Eléctricas	Inst. Sanitarias	25	7.58
2	Inst. Eléctricas	Inst. Mecánicas	172	52.12
3	Inst. Eléctricas	Inst. TIC	133	40.30
TOTAL DE INTERFERENCIAS CORREGIDAS			330	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 121

Distribución de interferencias – Cuarto Nivel según especialidad (diseño corregido)



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que el 52.12% de interferencias corregidas correspondió a conflictos entre instalaciones eléctricas e instalaciones mecánicas. Estos se originaron principalmente en áreas técnicas y zonas de cielo raso, donde ductos de aire acondicionado,

extractores, gases medicinales y soportes mecánicos coincidían con bandejas portacables, cajas de paso y luminarias, afectando su montaje y operatividad. En segundo lugar, las interferencias entre instalaciones eléctricas y TIC representaron un 40.30%, derivadas de la coexistencia de bandejas de datos, cámaras de seguridad, sensores de humo, salidas de data y puntos eléctricos en espacios reducidos como consultorios, salas de procedimiento y oficinas administrativas. Finalmente, un 7.58% correspondió a interferencias con instalaciones sanitarias, debido a la colisión con montantes de desagüe, sumideros, llaves de paso y tuberías verticales que requerían ajustes en la ubicación de salidas eléctricas para garantizar su accesibilidad y mantenimiento.

5.8. Repercusión en costos y plazos del diseño eléctrico

La aplicación de la metodología BIM en el diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 de Santo Tomás permitió identificar y corregir interferencias en la etapa de planificación, generando reducciones significativas en los costos proyectados y agilizando los plazos de diseño.

Tabla 18

Detalle de partidas presupuestales por ítem - valores corregidos tras la implementación BIM

Ítem	Descripción	Monto inicial (S/.)	% Reducción	Monto corregido (S/.)
OE.1.1.2	Instalaciones provisionales	120,847.98	2%	118,430.02
OE.1.1.7	Movilización campamento	583,314.77	4%	559,982.18
OE.1.1.9	Trazos y replanteo	116,345.04	3.00%	112,854.69
OE.2.1	Movimiento de tierras	8,614,274.13	5%	8,183,560.42
OE.2.2	Obras concreto simple	297,527.05	4.00%	285,626.97
OE.2.3.7	Columnas	5,164,116.80	6.00%	4,849,270.79
OE.2.3.8	Vigas	5,708,713.98	6%	5,365,190.14
OE.2.3.9	Losas	7,701,830.87	5.00%	7,316,739.33
OE.2.4	Estructuras metálicas	1,352,975.81	4%	1,298,856.78

OE.2.6	Varios	4,115,583.97	3.00%	3,992,116.45
OE.3	Arquitectura	17,956,563.73	6.00%	16,859,169.91
OE.4	Instalaciones sanitarias	4,561,625.33	5%	4,333,544.06
OE.5	Instalaciones eléctricas	6,840,885.83	8%	6,293,614.97
OE.6	Instalaciones electromecánicas	436,592.98	4%	419,129.26
OE.7	Instalaciones de gas	471,275.91	3%	457,137.63
OE.8	Urbanización	2,067,447.42	3%	2,005,423.00
OE.9.1	Equipamiento médico	12,603,047.79	1%	12,476,017.31
OE.9.2	Equipamiento industrial	2,401,981.46	1%	2,377,961.65
OE.9.3	Equipamiento hospitalario	3,603,675.27	1%	3,567,638.52
OE.9.4	Equipamiento lavandería	699,931.26	1%	692,932.95
OE.9.5	Equipamiento cocina	1,158,992.55	1%	1,147,402.62
OE.9.6	Equipamiento limpieza	153,018.31	1%	151,488.13
OE.9.7	Equipamiento residuos	68,158.61	1%	67,477.02
OE.9.8	Equipamiento ofimático	1,699,198.40	1%	1,682,206.42
OE.10	Sistema organizacional	1,322,528.23	2%	1,296,077.66
Total general		86,047,720.09	–	80,607,234.28

Fuente: Elaboración Propia

5.8.1. Análisis técnico y económico

1. Relación con el proceso BIM

La reducción en los costos de cada ítem se fundamenta en los siguientes procesos aplicados:

- **Modelado 3D en Revit-MEP:** Permitió desarrollar un diseño eléctrico detallado y preciso, evitando errores de dimensionamiento y ubicación de componentes eléctricos, que suelen generar cambios costosos en obra.
- **Detección de interferencias con Navisworks (Clash Detection):** Identificó conflictos entre instalaciones eléctricas y otras especialidades (estructuras, arquitectura,

sanitarias, mecánicas y gas), que en un proceso tradicional no se detectan hasta la fase constructiva, generando sobrecostos por retrabajos.

- **Coordinación interdisciplinaria:** Facilitó la compatibilidad de diseños entre todas las disciplinas involucradas, optimizando rutas, espacios y materiales.

2. Reducción porcentual por ítem

- **Partidas con alta reducción (4%-8%):** Ítems como instalaciones eléctricas (8%), columnas (6%), vigas (6%), losas (5%) y arquitectura (6%) presentan mayor reducción debido a:
 - Alta densidad de interferencias detectadas.
 - Corrección anticipada en el modelo evitando reubicaciones y modificaciones en obra.
 - Optimización de cantidades de obra al ajustar diseños a la realidad constructiva.
- **Partidas con reducción media (2%-4%):** Ítems como movilización de campamento, estructuras metálicas, obras de concreto simple y instalaciones electromecánicas. La reducción se asocia a:
 - Menores retrabajos y reprogramaciones de actividades
 - Disminución en tiempos de instalación y montaje por una mejor planificación secuencial.
- **Partidas con reducción baja (1%-2%):** Ítems relacionados a equipamiento, limpieza, residuos y sistema organizacional. La baja reducción se explica porque estos rubros tienen menor relación directa con la detección de interferencias, pero igual se benefician por la optimización de rutas de acceso, montaje y tiempos generales de ejecución.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE LA PROPUESTA

6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos tras la implementación de la metodología BIM aplicada al diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 de Santo Tomás. Se exponen los hallazgos relacionados con la detección de interferencias, la optimización de costos y la reducción de plazos, así como la comparación entre el escenario inicial y el escenario optimizado. Asimismo, se contrastan estos resultados con los objetivos planteados en la investigación, evaluando la viabilidad técnica y económica de la propuesta tecnológica implementada para la gestión coordinada de especialidades mediante Revit-MEP y Navisworks Manage. Este análisis permite determinar el impacto real de la metodología BIM en la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura hospitalaria.

6.2. Contrastación del diseño con los hallazgos

La aplicación de la metodología BIM en el diseño de instalaciones eléctricas permite identificar y reducir las interferencias, generando un impacto positivo en la eficiencia técnica y económica del Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024.

Antes de la implementación de BIM, el diseño eléctrico del primer nivel presentaba un total de 972 interferencias detectadas, distribuidas en choques con estructuras (18), instalaciones sanitarias y mecánicas (167) y otras especialidades (787). Esta alta cantidad se debía a la ausencia de un modelado tridimensional integral que permitiera prever conflictos en la ubicación de tableros eléctricos, canalizaciones principales y derivaciones a luminarias.

Tabla 19

Cuadro comparativo de reducción de Interferencias en el Primer Nivel

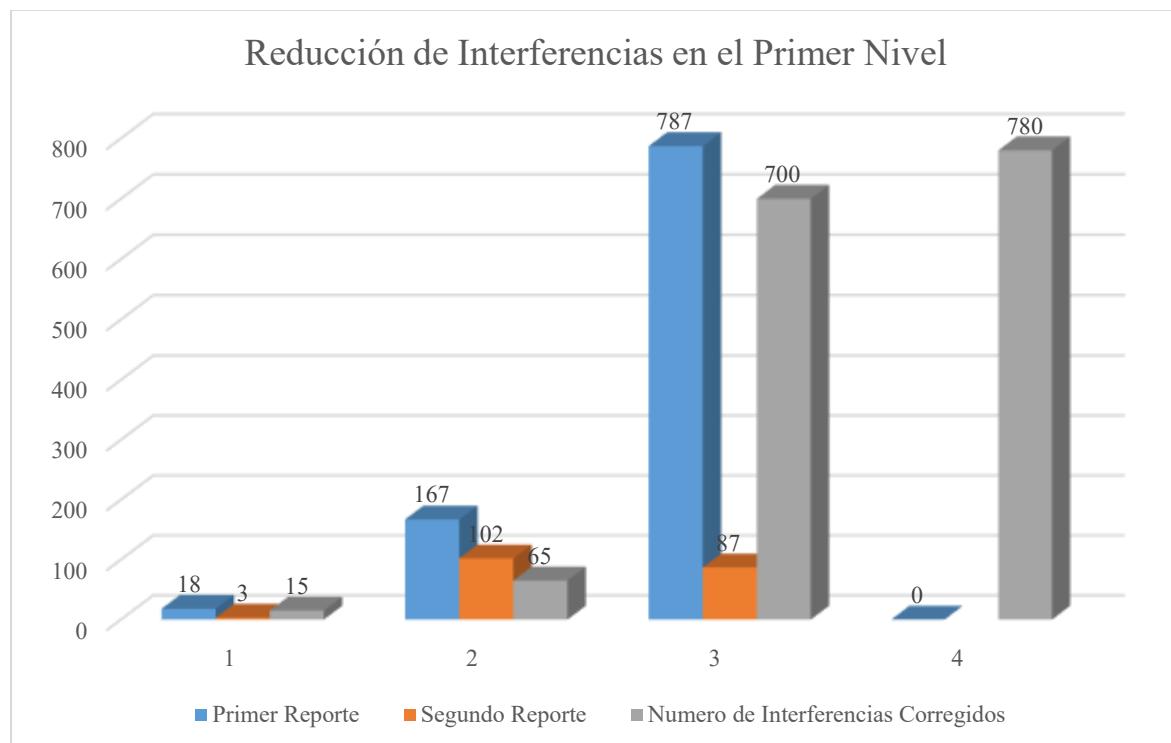
Ítem	Primer Reporte	Segundo Reporte	Numero de Interferencias Corregidos
1	18.00	3.00	15.00
2	167.00	102.00	65.00
3	787.00	87.00	700.00
TOTAL, DE REDUCCIÓN			780.00

Fuente: Elaboración Propia

Tras el modelado detallado en Revit-MEP, se definieron correctamente las trayectorias, alturas y espaciamientos de las canalizaciones, alimentadores y salidas de luminarias. Posteriormente, al aplicar el proceso de Clash Detection en Navisworks Manage, el segundo reporte mostró una reducción a 192 interferencias remanentes, lo que indica que 780 interferencias fueron corregidas (80.2 % de reducción).

Figura 122

Reducción de interferencias – Primer Nivel según reporte analizado



Fuente: Elaboración Propia

Esta disminución permitió rediseñar:

- La ubicación exacta de tableros seccionales para evitar choques con muros estructurales de concreto armado.
- Rutas de canalizaciones eléctricas evitando interferencias con tuberías de agua fría y caliente, así como ductos de aire acondicionado.
- Salidas de luminarias empotradas alineadas con el falso techo y evitando vigas estructurales, mejorando la estética y funcionalidad.

En el primer nivel, que alberga áreas críticas como recepción, espera y ambientes administrativos, estas correcciones aseguraron un diseño ejecutable sin modificaciones costosas durante la obra.

Inicialmente se detectaron 1,140 interferencias, siendo este nivel uno de los más conflictivos por la presencia de múltiples consultorios médicos, tópicos y salas de procedimientos que demandan alta densidad de puntos eléctricos.

Tabla 20

Cuadro comparativo de reducción de Interferencias en el Segundo Nivel

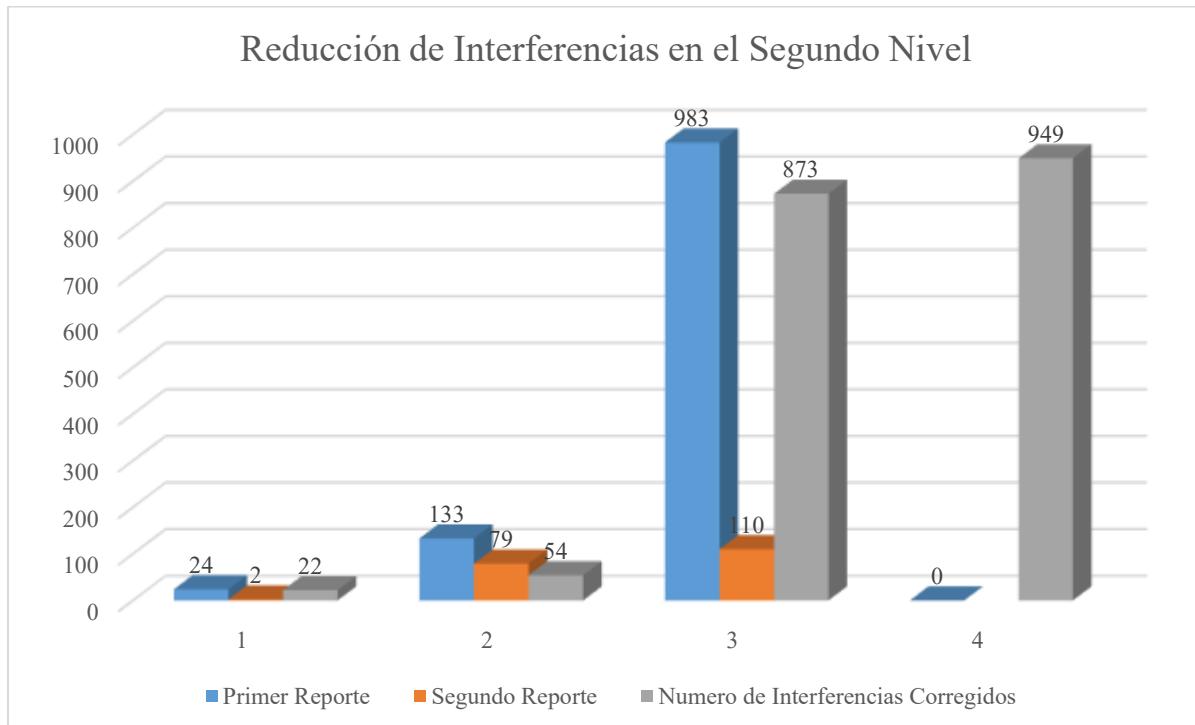
Ítem	Primer Reporte	Segundo Reporte	Número de Interferencias Corregidos
1	24.00	2.00	22.00
2	133.00	79.00	54.00
3	983.00	110.00	873.00
TOTAL, DE REDUCCIÓN			949.00

Fuente: Elaboración Propia

Con la aplicación de BIM (Revit-MEP + Navisworks), el segundo reporte evidenció una reducción a 191 interferencias remanentes, logrando corregir 949 interferencias (83.2 % de reducción).

Figura 123

Reducción de interferencias – Segundo Nivel según reporte analizado



Fuente: Elaboración Propia

- Se redistribuyeron circuitos derivados y canalizaciones de fuerza para garantizar la separación reglamentaria de ductos sanitarios y eléctricos, evitando riesgos eléctricos o incumplimientos normativos.
- Se optimizaron rutas de bandejas portacables en cielos rasos saturados por instalaciones mecánicas (climatización y ventilación) y sanitarias, priorizando la accesibilidad para mantenimiento y respetando alturas mínimas libres.
- Se ajustaron alimentadores principales para no interferir con vigas peraltadas de los pórticos estructurales.

Esta reducción anticipada eliminó la necesidad de realizar reubicaciones en obra, las cuales implican cambios de metrados, materiales adicionales y ampliación de tiempos de ejecución.

El tercer nivel reportó 1,437 interferencias iniciales, mayormente concentradas en zonas de hospitalización general, enfermería y servicios complementarios.

Tabla 21

Cuadro comparativo de reducción de Interferencias en el Tercer Nivel

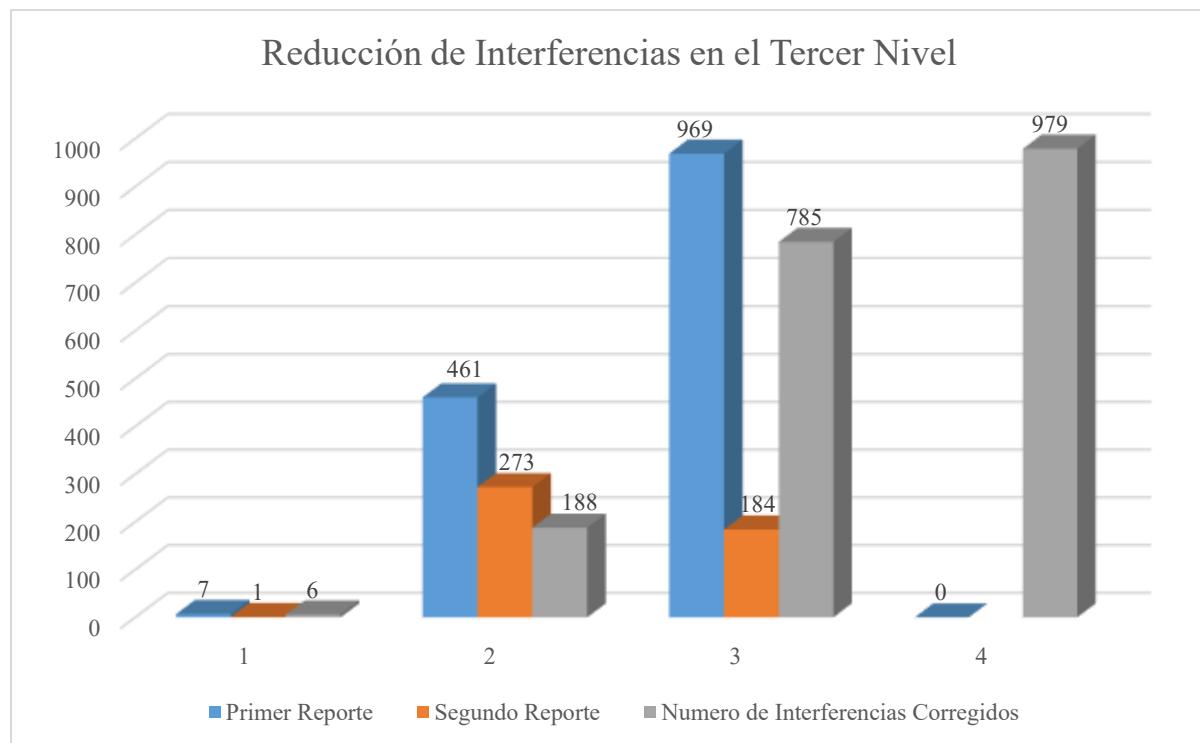
Ítem	Primer Reporte	Segundo Reporte	Numero de Interferencias Corregidos
1	7.00	1.00	6.00
2	461.00	273.00	188.00
3	969.00	184.00	785.00
TOTAL, DE REDUCCIÓN			979.00

Fuente: Elaboración Propia

Tras el proceso BIM, las interferencias se redujeron a 458, corrigiendo 979 interferencias (68.1 % de reducción).

Figura 124

Reducción de interferencias – Tercer Nivel según reporte analizado



Fuente: Elaboración Propia

- Se reordenaron montantes verticales eléctricos en ductos técnicos para compatibilizarlos con tuberías de gases medicinales y drenajes sanitarios.
- Se corrigieron alturas de canalizaciones para cruzar bajo vigas sin necesidad de cortes o pasos especiales, reduciendo la complejidad constructiva.
- Se mejoró la distribución de puntos eléctricos en ambientes de hospitalización, asegurando la accesibilidad y manteniendo distancias de seguridad con camas hospitalarias y equipamiento médico.

Este resultado es clave en pisos superiores donde el paso de instalaciones requiere máxima precisión para evitar demoliciones o modificaciones estructurales costosas.

En el último nivel, correspondiente a áreas técnicas como cuartos de máquinas, equipos de climatización, salas de tableros generales y cubiertas, se detectaron 1,350 interferencias en el primer reporte.

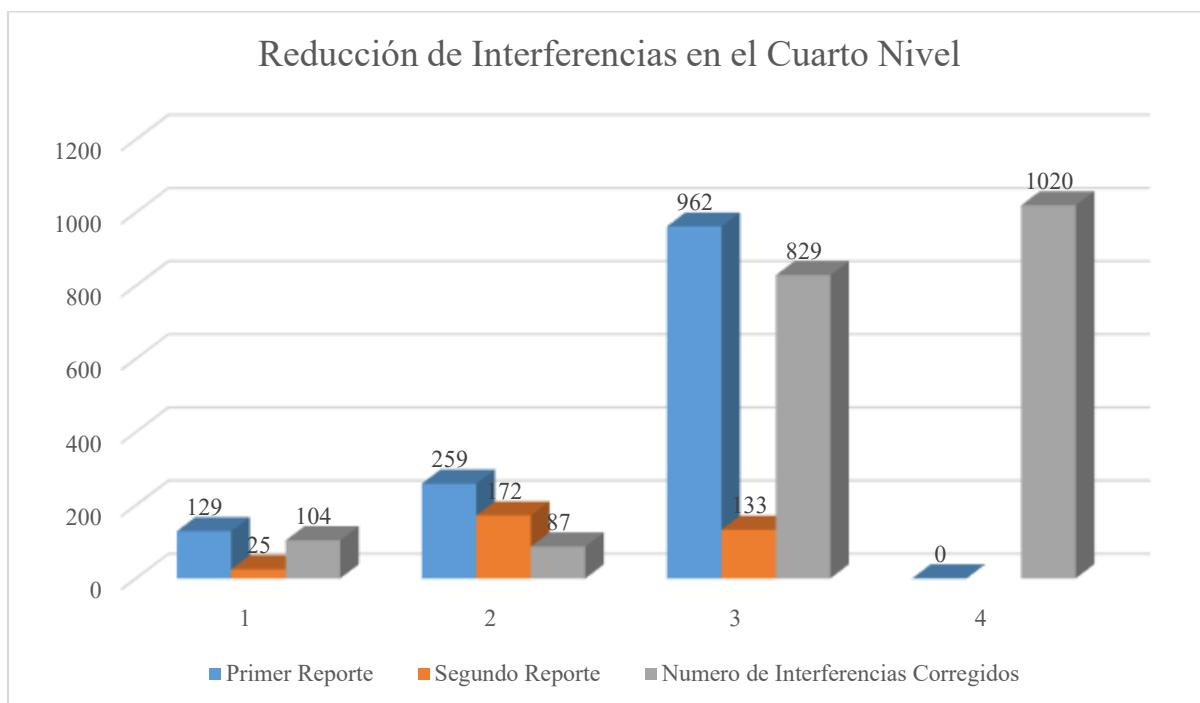
Tabla 22

Cuadro comparativo de reducción de Interferencias en el Cuarto Nivel

Ítem	Primer Reporte	Segundo Reporte	Número de Interferencias Corregidos
1	129.00	25.00	104.00
2	259.00	172.00	87.00
3	962.00	133.00	829.00
TOTAL, DE REDUCCIÓN			1020.00

Fuente: Elaboración Propia

Luego del modelado y Clash Detection, el segundo reporte mostró 330 interferencias remanentes, logrando corregir 1,020 interferencias (75.5 % de reducción).

Figura 125*Reducción de interferencias – Cuarto Nivel según reporte analizado*

Fuente: Elaboración Propia

- Se optimizó la ubicación de tableros generales de distribución (TGBT y seccionales) para respetar distancias reglamentarias de operación y mantenimiento, evitando choques con estructuras metálicas de cubierta y ductos de ventilación industrial.
- Se reubicaron rutas eléctricas principales (alimentadores de ascensores, climatización y sistemas críticos) para evitar interferencias con soportes metálicos y estructuras secundarias de losas aligeradas y techos.
- Se compatibilizaron bandejas eléctricas con soportes estructurales de equipos de climatización, asegurando el espacio requerido para mantenimiento de ambos sistemas.

La identificación de interferencias interdisciplinarias mediante el uso de BIM permite anticipar y minimizar sobrecostos asociados al diseño de las instalaciones eléctricas en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024.

La Tabla 24 presenta un análisis detallado del impacto económico de la implementación de la metodología BIM sobre el presupuesto original del proyecto hospitalario, donde se aplicó el flujo de trabajo con Revit-MEP y Navisworks Manage. La herramienta clave fue el Clash Detection, que permitió identificar interferencias antes del inicio de la ejecución, lo cual es crucial en un hospital por la complejidad de especialidades técnicas involucradas.

El uso de BIM permitió realizar ajustes en el diseño tridimensional de instalaciones eléctricas y su coordinación con otras disciplinas como arquitectura, estructuras, sanitarias, climatización y gases médicos, lo que derivó en un rediseño más eficiente y libre de conflictos constructivos. Este proceso no solo evitó retrabajos, sino que redujo la necesidad de modificaciones en obra, que suelen ser fuente de sobrecostos y demoras.

Tabla 23

Impacto económico de la implementación BIM en partidas presupuestales del proyecto

Ítem	Descripción	Monto inicial (S.)	% Reducción	Monto corregido (S.)	Ahorro estimado (S.)
OE.1.1.2	Instalaciones provisionales	120,847.98	2%	118,430.02	2,417.96
OE.1.1.7	Movilización campamento	583,314.77	4%	559,982.18	23,332.59
OE.1.1.9	Trazos y replanteo	116,345.04	3.00%	112,854.69	3,490.35
OE.2.1	Movimiento de tierras	8,614,274.13	5%	8,183,560.42	430,713.71
OE.2.2	Obras concreto simple	297,527.05	4.00%	285,626.97	11,900.08
OE.2.3.7	Columnas	5,164,116.80	6.00%	4,849,270.79	314,846.01
OE.2.3.8	Vigas	5,708,713.98	6%	5,365,190.14	343,523.84
OE.2.3.9	Losas	7,701,830.87	5.00%	7,316,739.33	385,091.54
OE.2.4	Estructuras metálicas	1,352,975.81	4%	1,298,856.78	54,119.03
OE.2.6	Varios	4,115,583.97	3.00%	3,992,116.45	123,467.52
OE.3	Arquitectura	17,956,563.7	6.00%	16,859,169.9	1,097,393.8
		3		1	2
OE.4	Instalaciones sanitarias	4,561,625.33	5%	4,333,544.06	228,081.27
OE.5	Instalaciones eléctricas	6,840,885.83	8%	6,293,614.97	547,270.86
OE.6	Instalaciones electromecánicas	436,592.98	4%	419,129.26	17,463.72
OE.7	Instalaciones de gas	471,275.91	3%	457,137.63	14,138.28
OE.8	Urbanización	2,067,447.42	3%	2,005,423.00	62,024.42
OE.9.1	Equipamiento médico	12,603,047.7	1%	12,476,017.3	127,030.48
		9		1	

OE.9.2	Equipamiento industrial	2,401,981.46	1%	2,377,961.65	24,019.81
OE.9.3	Equipamiento hospitalario	3,603,675.27	1%	3,567,638.52	36,036.75
OE.9.4	Equipamiento lavandería	699,931.26	1%	692,932.95	6,998.31
OE.9.5	Equipamiento cocina	1,158,992.55	1%	1,147,402.62	11,589.93
OE.9.6	Equipamiento limpieza	153,018.31	1%	151,488.13	1,530.18
OE.9.7	Equipamiento residuos	68,158.61	1%	67,477.02	681.59
OE.9.8	Equipamiento ofimático	1,699,198.40	1%	1,682,206.42	16,991.98
OE.10	Sistema organizacional	1,322,528.23	2%	1,296,077.66	26,450.57
Total general		86,047,720.0	—	80,607,234.2	5,440,485.8
		9	—	8	1

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 24 refleja la comparación entre el presupuesto inicial y el monto corregido después de aplicar la metodología BIM. Se observa que partidas clave como:

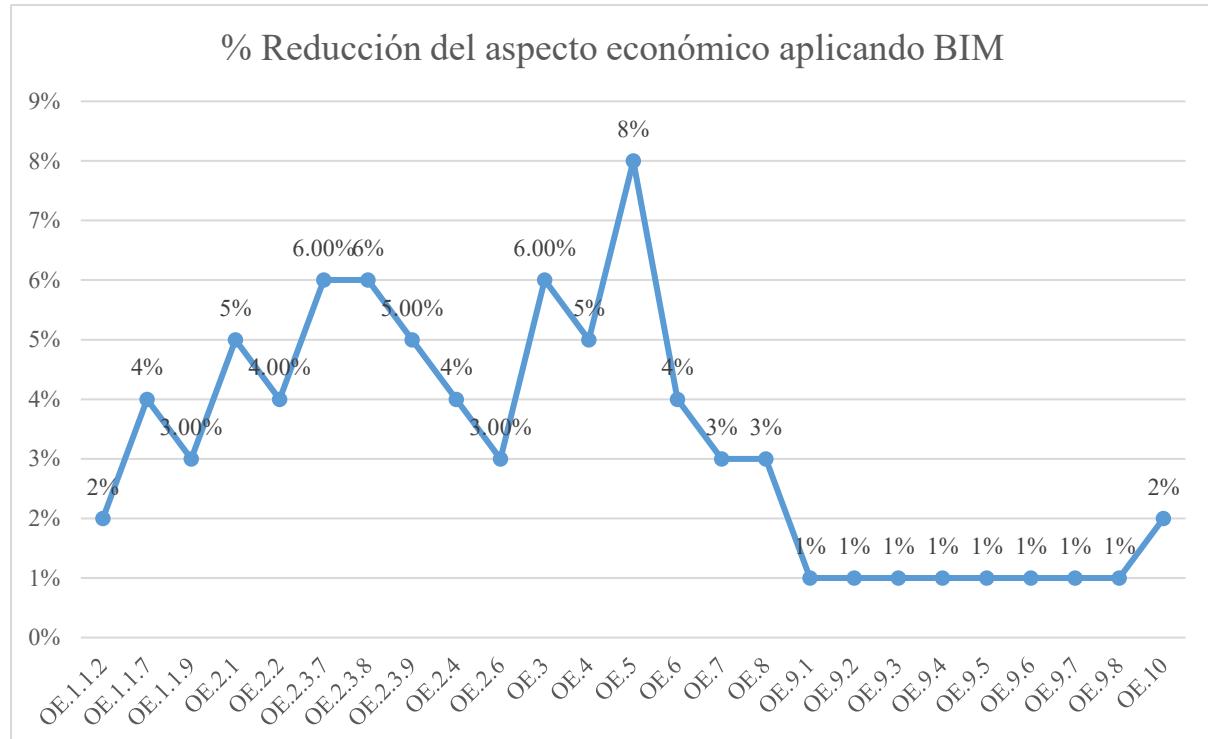
- Instalaciones eléctricas (OE.5) experimentaron una reducción del 8%, equivalente a un ahorro directo de S/. 547,270.86, el cual se debe a la reubicación eficiente de canalizaciones, tableros y luminarias, evitando duplicidades y conflictos.
- Arquitectura (OE.3) mostró un ahorro del 6%, con más de S/. 1 millón de reducción, gracias a la coordinación efectiva con instalaciones eléctricas y sanitarias que evitó demoliciones de muros o modificaciones de diseño arquitectónico.
- Partidas estructurales como vigas, columnas y losas (OE.2.3.7 al OE.2.3.9) también reflejan ahorros superiores a S/. 1 millón, lo que evidencia cómo los cambios en el diseño eléctrico optimizaron también las rutas de pasos estructurales, reduciendo cortes innecesarios.

En total, se obtuvo un ahorro consolidado de S/. 5,440,485.81, lo que representa una reducción aproximada del 6.32 % del presupuesto original de S/. 86,047,720.09. Los datos presentados en la Tabla 24 y el análisis de reducción presupuestal permiten confirmar la validez, ya que se demuestra que:

- La aplicación de BIM no solo mejoró la coordinación interdisciplinaria del diseño eléctrico, sino que generó impactos económicos medibles, al minimizar sobrecostos potenciales.

Figura 126

Disminución porcentual de costos por partidas presupuestales mediante modelado BIM



Fuente: Elaboración Propia

Este resultado es coherente con experiencias documentadas a nivel internacional, donde la implementación de modelos BIM en etapas tempranas de diseño reduce costos totales entre un 5 % y 10 %, dependiendo de la complejidad del proyecto.

El uso del software avanzado Revit-MEP, como complemento de la metodología BIM, mejora la precisión del diseño de instalaciones eléctricas y permite una evaluación más eficiente de las interferencias y su influencia económica en el Proyecto del Hospital II-1 del distrito de Santo Tomás, provincia de Chumbivilcas-Cusco 2024.

Los hallazgos confirman que el uso de Revit-MEP permitió un modelado detallado y preciso de los elementos eléctricos, facilitando su exportación a Navisworks para realizar la detección de interferencias. Gracias a ello, fue posible generar reportes por nivel con el número exacto de interferencias detectadas y corregidas (Tablas 19-22), logrando un diseño eléctrico compatible con las demás especialidades y cuantificando su impacto económico. Esta capacidad de modelado y análisis demuestra que Revit-MEP, como herramienta avanzada dentro del flujo BIM, mejoró la precisión del diseño y permitió evaluar de manera eficiente la influencia económica de las interrupciones.

CONCLUSIONES

Se cumplió con el diseño de las instalaciones eléctricas del Hospital II-1 de Santo Tomás aplicando la metodología BIM, lo que permitió identificar y corregir un total de 3,728 interferencias interdisciplinarias distribuidas en los cuatro niveles del proyecto. Este proceso de coordinación y revisión anticipada, desarrollado con Revit-MEP y Navisworks Manage, no solo optimizó el diseño técnico de las instalaciones, sino que también generó un impacto económico favorable, logrando una reducción presupuestal global del 6.32 % respecto al monto inicial del expediente técnico. Esta mejora representa un ahorro estimado de S/ 5,440,485.81, lo que demuestra la efectividad de BIM como herramienta de control de calidad técnica y financiera en proyectos de infraestructura hospitalaria.

La implementación de la metodología BIM permitió desarrollar un diseño eléctrico más preciso y coordinado con otras especialidades desde la etapa de planificación. A través del modelado 3D en Revit-MEP y la ejecución de Clash Detection en Navisworks Manage, se detectaron y corrigieron 780 interferencias en el primer nivel, 949 en el segundo, 979 en el tercero y 1,020 en el cuarto nivel, totalizando 3,728 conflictos resueltos. Este resultado evidencia que el uso de BIM mejora la calidad del diseño técnico, reduce errores constructivos y facilita la toma de decisiones con base en análisis digitales integrados.

La evaluación de las interferencias interdisciplinarias en el proyecto del Hospital II-1 de Santo Tomás permitió identificar y resolver conflictos que afectaban principalmente a las instalaciones eléctricas, con una reducción del 8% equivalente a S/. 547,270.86. Asimismo, se evidenciaron ahorros en arquitectura (6%) y estructuras (5 a 6%), lo que consolidó un ahorro global de S/. 5,440,485.81, representando el 6.32% del presupuesto inicial. Estos resultados confirman que la metodología BIM no solo asegura una mayor compatibilidad técnica entre

disciplinas, sino que también disminuye costos adicionales derivados de retrabajos, tiempos muertos y modificaciones durante la ejecución del proyecto.

El uso del software Revit-MEP fue determinante para el desarrollo de un diseño eléctrico detallado y compatible. Su capacidad para parametrizar elementos, establecer conexiones lógicas y representar canalizaciones, tableros y luminarias permitió obtener un modelo digital preciso y funcional. Combinado con Navisworks Manage, se desarrolló una gestión colaborativa y un análisis efectivo de interferencias, lo que permitió visualizar, clasificar y resolver conflictos antes de la obra. Esta integración tecnológica contribuyó a elevar la precisión del diseño eléctrico, reducir riesgos técnicos y cuantificar de manera objetiva los beneficios económicos obtenidos con la implementación de BIM.

RECOMENDACIONES

Dado que la aplicación temprana de BIM permitió detectar y corregir 3,728 interferencias interdisciplinarias, se recomienda integrar esta metodología desde las fases iniciales del diseño. Esto optimizará la compatibilidad entre especialidades, reducirá riesgos técnicos y facilitará la toma de decisiones fundamentadas.

Se recomienda utilizar software especializado como Revit-MEP y Navisworks Manage en el modelado y coordinación de instalaciones eléctricas. Estos programas demostraron ser herramientas eficaces para el modelado tridimensional, la detección de interferencias y la evaluación técnica y económica del diseño. Su implementación garantiza mayor precisión en la ubicación de tableros, canalizaciones y luminarias, evitando retrabajos en obra.

Se recomienda realizar procesos periódicos de Clash Detection durante el desarrollo del proyecto. La corrección de interferencias en diferentes etapas del diseño permitió reducir en un 6.32 % el presupuesto total del proyecto. Se recomienda efectuar revisiones continuas mediante Navisworks Manage para anticipar nuevos conflictos y mantener la coherencia del modelo con los cambios constructivos.

Se recomienda establecer flujos de trabajo colaborativos y coordinados entre todas las disciplinas involucradas. El éxito del proceso BIM dependió de la integración efectiva entre arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas, sanitarias y electromecánicas. Por ello, se recomienda formalizar protocolos de coordinación y comunicación entre equipos multidisciplinarios, asegurando que el modelo BIM se mantenga actualizado y consistente durante todo el ciclo del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasnejad, b., y izadi moud, h. (2013). Bim and basic challenges associated with its definitions, interpretations and expectations. International journal of engineering research and applications, 287-289.
- Borrego, F. (2024). METODOLOGÍA BIM APLICADA AL MODELADO Y CÁLCULO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN C.T, ELECTRIFICACIÓN E ILUMINACIÓN VIAL DEL CONJUNTO DE VIVIENDAS PAREADAS Y BANDEJA COMERCIAL SITA EN EL BARRIO DE LAS HUERTAS EN LA RODA DE ANDALUCÍA (SEVILLA). Ujaen.es. <https://hdl.handle.net/10953.1/25044>
- de Reales Toro, M. Z. (2023). LA AUTOMATIZACIÓN EN EL MODELADO DE INSTALACIONES BAJO METODOLOGIA BIM: Automatización en el modelado BIM de instalaciones, frente a los flujos de trabajo tradicionales CAD. Journal Bim & Construction Management, 5(5).
- Diaz Valdivia, J. C. (2018). Ingeniero mecánico electricista. “implementación de tecnología bim-vdc para la gestión del diseño y construccion de instalaciones mecánicas electricas,caso retail restaurantes ekeko, Arequipa 2017-2018”. Universidad católica de santa maría, Arequipa.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación (6° ed.). México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Humpire, J. (2021). Utilización de la metodología bim para reducir las deficiencias de diseño de las instalaciones eléctricas y Hvac del centro comercial Eco Plaza. Untels.edu.pe. <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/923>
- Minem. (2006). Código nacional de electricidad-utilizacion. Ministerio de energia y minas, lima.
- Neagu bratu serban, e. C. (1995). Instalaciones eléctricas. Mexico: division de ciencias basicas e ingenieria.
- Rangel, V., y Aliaga, M. (2023). Gestión BIM Proyecto BIM Design, Rol Líder BIM Estructura. Uisek.edu.ec. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/5013>

- Rodriguez guerra, k. J. (2024). Título profesional de ingeniero civil. Análisis del expediente técnico para la optimización en la toma de decisiones mediante la metodología bim en la etapa de ejecución del hospital de pangoa. Universidad continental, huancayo, perú. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14490>
- Tafur, J., y Trigoso, B. (2023). Guía práctica para optimizar la compatibilización de modelos BIM 3D de las especialidades de instalaciones sanitarias y HVAC en proyectos de hospitales bajo los contratos NEC. Upc.edu.pe. <http://hdl.handle.net/10757/670545>
- Yucra, L. (2023). Programación paramétrica–visual aplicada a software BIM para el desarrollo de la etapa de diseño y cálculo de instalaciones eléctricas interiores. Unsaac.edu.pe. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/8106>
- COMISIÓN INTERMINISTERIAL BIM. (2023c). BIM en el mundo – Perú
- COMISIÓN INTERMINISTERIAL BIM. (2023d). BIM en el mundo - Reino Unido. <https://cibim.mitma.es/bim-en-el-mundo/reino-unido>
- Soto, C., y Manríquez, S. (2023). Panorama general del avance de BIM en América Latina y el Caribe. www.maiocchipublicidad.es
- Benites, L. (2018). Automated design flow for applying triple modular redundancy in complex semi-custom digital integrated circuits. *Ufrgs.br.* <http://hdl.handle.net/10183/181177>
- Carreno, C., & Avilés, J. (2022). Localización Óptima de Equipos de Regulación de Voltaje y Compensación de Reactivos para Alimentadores de Medio Voltaje, Mediante Algoritmos Evolutivos. *INGENIO*, 5(1), 43–59. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v5i1.3578>
- David, E. (2020). Análisis del sistema de protección para la optimización de la calidad de suministro del alimentador A4703-Tarma. *Continental.edu.pe.* <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8693>
- Estudio de la demanda electrica.* (n.d.). <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/CAPITULO-3-DEMANDA-ELE%CC%81CTRICA.pdf>
- Josef, E., & Ccoyllar, M. (2018, May 15). *Utilización de la metodología Bim para la optimización de costos en el diseño de edificaciones de concreto armado en Huancavelica.* Unh.edu.pe;

- Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/dde34db2-fce3-486a-ab41-4549a555e163>
- Lucchini, C. (2019). Análisis de cargabilidad en transformadores de distribución aéreo del servicio eléctrico Concepción - alimentador radial A4504 para mejorar la calidad de suministro eléctrico. *Uncp.edu.pe*. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5904>
- Padilla, O. (2023). Programa de mantenimiento del sistema de tierras y pararrayos de la FCQeI. *Uaem.mx*. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/4117>
- Pardo, B. (2019). Estudio y modelización de conductores para el diseño de instalaciones eléctricas. *Upc.edu*. <http://hdl.handle.net/2117/179446>
- Peñafiel, H., & Vallejo, D. (2020). Modelación y simulación de mallas de puesta a tierra utilizando el método de elementos finitos en tres dimensiones y un modelo físico real a escala. *Epn.edu.ec*. <https://doi.org/T-IE/5030/CD%2010331>
- Quiñonez-Chila, R. G., Johan Joel Quiñonez-Mosquera, Zambrano-Quiñónez, T. D., González-Quiñonez, L. A., & Edson Francisco Quiñónez-Guagua. (2023). Análisis del mantenimiento preventivo en instalaciones eléctricas residenciales de las familias esmeraldeñas. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 326–332. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.605>
- Salazar, G., & Riker, K. (2024, February 13). *Utilización de la metodología BIM para reducir los riesgos laborales en el sector de la construcción*. Upc.edu; Universitat Politècnica de Catalunya. <http://hdl.handle.net/2117/403612>
- Grosso, G., & Zola, A. (2024). *Repositorio Institucional Pirhua - UDEP*. Udep.edu.pe. <https://pirhua.udep.edu.pe/item/93d3fd2f-a4e9-4934-b152-53076d9fdde5>