TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

"DISEÑO DE UNA MATRIZ DE TRAZABILIDAD DE ENTREGABLES TÉCNICOS DEL EQUIPAMIENTO MÉDICO EN PROYECTOS HOSPITALARIOS: APLICACIÓN A UN HOSPITAL TIPO II-E EN HUÁNUCO"

Tesis para optar el grado académico de:
MAESTRO EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentado por:
Carlos Alfredo Piscoya Jurupe (0009-0002-0286-995X)

Asesor:
Anabel Sofia Reaño Malaga (0009-0001-8719-9619)

Lima – Perú
2025

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Lima,**17 de diciembre de 2025**

Los integrantes del jurado
Presidente: Mag. Ing. Juan Manuel Vélez Piedra
Miembro: Mag. Ing. Carlos Rolando Legua Pérez
Miembro: Mag. Ing. Richard Alex Farfán Bernales

Se reúnen para evaluar el trabajo de investigación titulado:

DISEÑO DE UNA MATRIZ DE TRAZABILIDAD DE ENTREGABLES TÉCNICOS DEL EQUIPAMIENTO MÉDICO EN PROYECTOS HOSPITALARIOS: APLICACIÓN A UN HOSPITAL TIPO II-E EN HUÁNUCO

Presentada por el estudiante:

- Carlos Alfredo Piscoya Jurupe

Para optar el Título de Magíster en Gestión de la Construcción

Asesorado por: Mag. Ing. Anabel Sofía Reaño Málaga

Luego de haber evaluado el informe final del trabajo de investigación y evaluado el desempeño del estudiante de la Maestría en Gestión de la Construcción en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) o por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Carlos Alfredo Piscoya Jurupe			Nota (en letras): Quince
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Mag. Ing. Juan Manuel Vélez Piedra **Presidente del Jurado**	**Mag. Ing. Anabel Sofía Reaño Málaga** **Asesor(a)**
Mag. Ing. Carlos Rolando Legua Pérez **Miembro del Jurado**	**Mag. Ing. Richard Alex Farfán Bernales** **Miembro del Jurado**

ANEXO 21: DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE INFORME FINAL DE TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS[13]

Lima, 06 de enero del 2026

Señor,

Dr. Carlos Zavalaga Reyes

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo Carlos Alfredo Piscoya Jurupe, estudiante de la Maestría en Gestión de la Construcción de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con la asesora de tesis Anabel Sofía Reaño Málaga, declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado: "Diseño de una Matriz de Trazabilidad de Entregables Técnicos del Equipamiento Médico en Proyectos Hospitalarios: Aplicación a un Hospital Tipo II-E en Huánuco", sustentado para obtener el grado de Maestro en Gestión de la Construcción es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [14], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI:17452780



Firma del asesor de tesis
DNI: 29641555

[13] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[14] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Diseño de una matriz de trazabilidad de entregables técnicos del equipamiento médico en proyectos hospitalarios: aplicación a un hospital tipo II-E en Huánuco

Autores. Carlos Alfredo Piscoya Jurupe

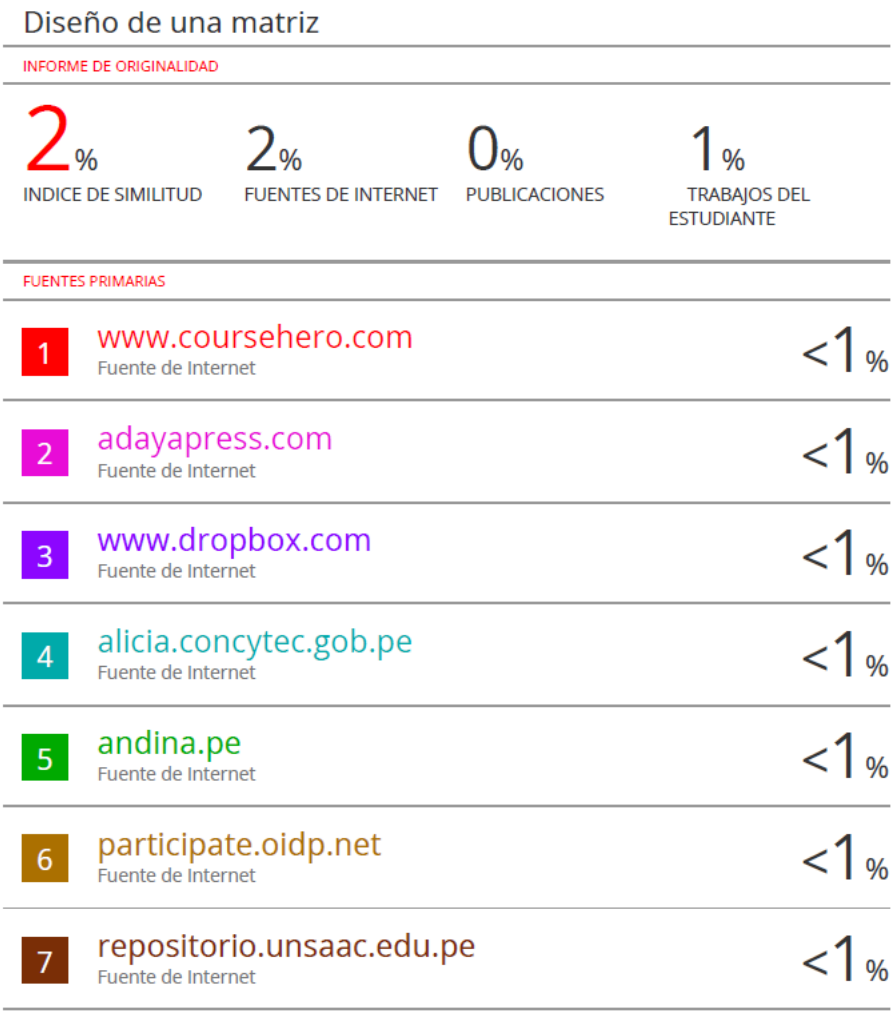
Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2861543307)

Código de registro. POS-122-2025-00938

Resultado de la evaluación. 2%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Diseño de una matriz

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%	2%	0%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
2	adayapress.com Fuente de Internet	<1%
3	www.dropbox.com Fuente de Internet	<1%
4	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
5	andina.pe Fuente de Internet	<1%
6	participate.oidp.net Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%

ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras 7
Índice de tablas 8
RESUMEN 9
ABSTRACT 10
INTRODUCCIÓN 11
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14
Contexto de la Organización 15
Necesidades Identificadas en la Organización 16
Restricciones Detectadas en la Organización 17
Definición del Problema y Oportunidades de Mejora 17
Problema central 19
Causas principales 19
Identificación de actores clave y sus expectativas 21
Mapa de procesos e identificación de los procesos involucrados en la problemática 23
Procesos Técnicos Impactados 23
Proceso de Apoyo Comprometido 24
Delimitación del estudio 26
Justificación 26
Problema de investigación 28
Objetivo general 29

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Objetivos específicos 29

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL 30

Análisis del Entorno (PESTEL) 30

Fuerzas políticas, gubernamentales (P) 30

Fuerzas económicas y financieras (E) 31

Fuerzas sociales, culturales y demográficas (S) 32

Fuerzas tecnológicas y científicas (T) 34

Fuerzas ecológicas y ambientales (E) 35

Fuerzas legales (L) 37

Descripción del sector y de la organización 38

Alineamiento del Proyecto de Construcción 39

Bases Teóricas de la Industria o Sector 40

Definiciones y Criterios de Análisis 42

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN 45

Enfoque 45

Alcance 46

Herramientas y Técnicas Aplicadas 47

Instrumentos Complementarios Derivados de la Aplicación Metodológica 47

Indicadores de Evaluación 48

Supuestos 53

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Entregables 54

Riesgos 55

CAPÍTULO 4. RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA..... 57

Resultados En Relación Con El Objetivo Específico 1 58

Análisis de Resultados 58

Discusión..... 61

Reflexión 62

Resultados En Relación Con El Objetivo Específico 2 63

Análisis de resultados..... 63

Discusión..... 66

Reflexión 68

Resultados En Relación Con El Objetivo Específico 3 69

Propuesta De Matriz De Trazabilidad 69

Verificación de Hallazgos en Ambientes Críticos..... 71

Proceso Estructurado por Fases Críticas (PDCA) 75

Matriz de trazabilidad propuesta..... 91

Discusión..... 94

Resultados en relación con el Objetivo Específico 4 96

Indicadores de efectividad 96

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Viabilidad técnica 98

Viabilidad económica 99

Gestión de la información 102

Validación De La Propuesta Con Un Modelo Análogo 102

Análisis de Impactos por Ausencia de Matriz en Huánuco 106

Reflexión crítica y lecciones aprendidas 107

Recomendaciones estratégicas 108

Proceso Secuencial de Trazabilidad 110

Herramientas Complementarias Sugeridas 111

Aplicación en Futuros Proyectos 112

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 113

Conclusión General 113

Conclusiones por Objetivos Específicos 113

Recomendación General 114

Recomendaciones por Objetivos Específicos 114

Índice de abreviaturas 116

Referencias bibliográficas 118

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Índice de figuras

Figura 1 18

Figura 2. 24

Figura 3 26

Figura 4 76

Figura 5 79

Figura 6 81

Figura 7 82

Figura 8 84

Figura 9 85

Figura 10 87

Figura 11 88

Figura 12 90

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Índice de tablas

Tabla 1 49

Tabla 2 51

Tabla 3 55

Tabla 4 59

Tabla 5 65

Tabla 6 70

Tabla 7 73

Tabla 8 74

Tabla 9 92

Tabla 10 97

Tabla 11 99

Tabla 12 103

Tabla 13 105

Tabla 14 106

Tabla 15 110

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

RESUMEN

En la presente investigación se diseña una matriz de trazabilidad documental aplicada al equipamiento médico especializado en la construcción del Hospital II-E de Huánuco, con el fin de optimizar la gestión de los entregables técnicos. La investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo aplicado, utilizando análisis documental, revisión técnica de procesos constructivos y simulación proyectiva de indicadores. Se identifican los documentos clave requeridos en la etapa de construcción, se analizan las principales falencias en la gestión documental y se propone una herramienta que organiza, controla y valida la información de manera estructurada.

La matriz propuesta registra los entregables por fases críticas, asigna responsables, establece fechas de control y aplica validaciones progresivas, lo que permite asegurar la coherencia técnica y el cumplimiento normativo. Se definen indicadores de efectividad para medir la reducción de interferencias, el tiempo de validación de documentos, la cantidad de solicitudes de información (RFIs) y el ahorro en costos por retrabajos. La validación técnica y económica realizada demuestra que la propuesta es viable, replicable y sostenible, ya que requiere recursos adicionales mínimos frente a los beneficios obtenidos en coordinación interdisciplinaria, confiabilidad documental y reducción de plazos.

En conclusión, la investigación aporta una herramienta práctica que fortalece la planificación, ejecución y control de proyectos hospitalarios, contribuyendo a la mejora de la gestión documental en la construcción de infraestructuras de salud de mediana y alta complejidad.

Palabras clave: gestión documental, trazabilidad, equipamiento médico, proyectos hospitalarios, control de entregables.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ABSTRACT

This research designs a documentary traceability matrix applied to specialized medical equipment in the construction of the Hospital II-E in Huánuco, aiming to optimize the management of technical deliverables. The study follows an applied qualitative approach, using document analysis, technical review of construction processes, and projective simulation of performance indicators. It identifies key documents required during the construction phase, analyzes major shortcomings in document management, and proposes a tool that organizes, controls, and validates information in a structured manner.

The proposed matrix registers deliverables by critical phases, assigns responsible parties, sets control dates, and applies progressive validations to ensure technical coherence and regulatory compliance. Effectiveness indicators are defined to measure the reduction of interferences, document validation time, the number of Requests for Information (RFIs), and cost savings from rework. The technical and economic validation demonstrates that the proposal is viable, replicable, and sustainable, requiring minimal additional resources compared to the benefits gained in interdisciplinary coordination, document reliability, and schedule optimization.

In conclusion, this research provides a practical tool that strengthens the planning, execution, and control of hospital projects, contributing to improved document management in the construction of medium- and high-complexity health infrastructure.

Keywords: document management, traceability, medical equipment, hospital projects, deliverables control.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

INTRODUCCIÓN

En América Latina, el fortalecimiento del sistema de salud depende en gran medida de la capacidad de los países para planificar, ejecutar y controlar proyectos de infraestructura hospitalaria con altos estándares de calidad. En el Perú, la construcción de hospitales de mediana y alta complejidad enfrenta importantes desafíos, especialmente en lo referido a la gestión documental del equipamiento médico especializado. La carencia de mecanismos claros de trazabilidad genera retrasos en la entrega de información, pérdida de documentos técnicos, ausencia de control de versiones y dificultades en la validación interdisciplinaria, lo que impacta de manera directa en los costos, plazos y calidad de los proyectos (OMS, 2021).

El Hospital II-E de Huánuco refleja las limitaciones en la gestión de entregables técnicos, evidenciando información incompleta, duplicidad de datos y validaciones tardías. Estas deficiencias retrasan la ejecución, generan sobrecostos y elevan el riesgo de interferencias en la instalación del equipamiento médico. Casos similares se reportan en otros proyectos hospitalarios de la región, donde la falta de trazabilidad documental compromete la sostenibilidad de las inversiones públicas (BID, 2019).

La relevancia de abordar este problema se relaciona con la necesidad de contar con mecanismos que aseguren la trazabilidad documental en todas las fases del proyecto. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2012), la gestión eficiente de la información técnica constituye un factor determinante para garantizar la continuidad operativa de los hospitales y la optimización de recursos. En esa línea, el Ministerio de Salud del Perú (MINSA, 2021) ha señalado que la estandarización de procesos y el fortalecimiento de los mecanismos de control documental son prioridades en la modernización de la infraestructura hospitalaria.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En respuesta a esta problemática, se propone el diseño de una matriz de trazabilidad documental para la etapa de construcción del Hospital II-E de Huánuco, aplicada al equipamiento médico especializado. El estudio se estructura en cuatro ejes: (a) identificación de los documentos críticos, (b) análisis de las falencias en la gestión documental, (c) diseño de la matriz de trazabilidad y (d) validación de su aplicabilidad y efectividad mediante indicadores técnicos y económicos.

El diseño de la matriz busca organizar los entregables técnicos por fases críticas, asignar responsables, establecer fechas de control y realizar validaciones progresivas. De esta manera, se asegura la coherencia técnica, el cumplimiento normativo y la reducción de interferencias entre especialidades. Asimismo, se definen indicadores de efectividad que permiten medir la reducción de solicitudes de información (RFIs), el ahorro en costos por retrabajos y la disminución de tiempos de validación.

La investigación incorpora también un análisis comparativo con la experiencia del Hospital Regional de Cajamarca, donde se implementó un mecanismo de control documental limitado en alcance y sin integración digital. Este contraste permite extraer lecciones aprendidas y reforzar la propuesta del Hospital II-E de Huánuco con innovaciones en control de versiones, digitalización y coordinación interdisciplinaria.

En síntesis, la importancia de este informe radica en ofrecer una herramienta práctica, viable y replicable que contribuya a optimizar la gestión documental en proyectos hospitalarios de mediana y alta complejidad. La institucionalización de la matriz de trazabilidad permitirá fortalecer la coordinación técnica, reducir sobrecostos, garantizar la confiabilidad de la información y establecer un modelo escalable para futuras obras hospitalarias en el Perú.

El presente informe se organiza en cinco capítulos. El Capítulo 1 presenta el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y los alcances del estudio, destacando las deficiencias en la gestión documental de los proyectos hospitalarios. El

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Capítulo 2 desarrolla el marco teórico y referencial, incorporando los fundamentos conceptuales, normativos y metodológicos sobre trazabilidad, gestión documental y coordinación mediante herramientas BIM. El Capítulo 3 describe la metodología de solución, el enfoque aplicado, las herramientas técnicas utilizadas y los supuestos que sustentan el diseño de la matriz de trazabilidad. El Capítulo 4 expone los resultados obtenidos, incluyendo la identificación de entregables críticos, el diseño y validación de la matriz, así como la evaluación técnica y económica de su aplicación. Finalmente, el Capítulo 5 presenta las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, orientadas a implementar la matriz de trazabilidad documental en proyectos hospitalarios. Se proponen lineamientos para su institucionalización en el sistema de salud peruano y criterios que faciliten su replicabilidad en futuras obras.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de trazabilidad documental en los entregables técnicos de equipamiento médico especializado representa una problemática crítica en la ejecución de proyectos hospitalarios en el Perú. Diversos informes y estudios han evidenciado que esta deficiencia genera interferencias técnicas, retrasos significativos y sobrecostos que afectan directamente la operatividad de los establecimientos de salud.

Por ejemplo, la Contraloría General de la República (2023) identificó que el Hospital de Huari, en Áncash, presenta un retraso del 28% en su ejecución debido a deficiencias en la supervisión técnica y la documentación de entregables. El proyecto, valorizado en más de S/ 190 millones, evidenció ausencia de trazabilidad en planos, especificaciones y validaciones técnicas, lo que generó paralizaciones y ampliaciones de plazo no previstas.

Asimismo, el Hospital Higa Arakaki de Satipo enfrentó la anulación de su proceso de licitación por parte del Ministerio de Salud, tras detectarse irregularidades documentarias, como la falta de trazabilidad en requisitos técnicos y falsificación de fichas (Diario Correo, 2025). Esta situación obligó a relanzar el proceso, generando demoras y pérdida de recursos públicos.

A nivel nacional, el diagnóstico de brechas de infraestructura y equipamiento elaborado por el MINSA (2022) señala que más del 60% de los establecimientos de salud presentan deficiencias en la gestión de equipamiento médico, especialmente en trazabilidad, compatibilidad técnica y documentación de soporte. Esta carencia afecta la planificación, instalación y puesta en marcha de los equipos, comprometiendo la atención de servicios críticos.

En Lima y Piura, cuatro hospitales emblemáticos —incluyendo el Hospital Nacional Sergio Enrique Bernales y el Hospital Papa Francisco de Manchay— han recibido

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

inversiones superiores a S/ 900 millones, pero presentan avances físicos mínimos, algunos por debajo del 30%, debido a interferencias técnicas y falta de coordinación documental entre especialidades (Infobae, 2024).

Además, un estudio correlacional realizado en el Hospital San José del Callao evidenció una relación positiva alta (Rho = 0.873) entre la falta de trazabilidad documental y los retrasos en procesos administrativos y técnicos. La muestra incluyó a 50 colaboradores de distintas áreas, y los resultados confirmaron que la ausencia de matrices de seguimiento y validación técnica impacta directamente en la eficiencia operativa (Vilela & Córdova, 2020).

Estos hallazgos respaldan la necesidad de implementar herramientas de control como la matriz de trazabilidad documental propuesta en esta investigación. Su aplicación permitiría centralizar la información técnica, asignar responsables, validar entregables y reducir significativamente los riesgos de interferencias, reprocesos y sobrecostos en proyectos hospitalarios.

Contexto de la Organización

El Hospital Tipo II-E de Huánuco forma parte del Programa Nacional de Inversiones en Salud (PRONIS) del Ministerio de Salud del Perú (MINSA), cuyo objetivo es fortalecer la red de servicios hospitalarios en regiones estratégicas del país. Este establecimiento está concebido para ofrecer atención médica especializada de segundo nivel, con capacidad de hospitalización, diagnóstico por imágenes, laboratorio clínico, cirugía y emergencias. Su diseño incorpora equipamiento médico avanzado, infraestructura moderna y sistemas integrales que garantizan la continuidad asistencial y la seguridad del paciente.

El proyecto constituye una de las principales inversiones en infraestructura sanitaria de la región centro del país, destinada a beneficiar a más de 400 000 habitantes de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Huánuco y provincias aledañas. Su ejecución comprende diversas especialidades técnicas —arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias, electromedicina e ingeniería clínica— que demandan una coordinación multidisciplinaria rigurosa entre las fases de diseño, construcción y equipamiento.

Durante la etapa de construcción, la gestión de la trazabilidad documental de los entregables técnicos del equipamiento médico especializado resulta crítica. En esta fase convergen múltiples contratistas, proveedores y supervisores, generándose un volumen considerable de documentos técnicos (fichas, planos, manuales, certificados y actas de instalación). La falta de control centralizado y trazabilidad de esta información puede originar interferencias, duplicidad de datos, demoras en la validación y sobrecostos que afectan directamente los plazos y la calidad de la obra.

Por ello, el presente estudio se enfoca en la etapa de construcción del Hospital II-E de Huánuco, donde la trazabilidad documental se convierte en un factor determinante para garantizar la coordinación efectiva, la optimización de plazos y la reducción de interferencias entre especialidades técnicas.

Necesidades Identificadas en la Organización

Contar con información técnica actualizada, validada y accesible de los equipos médicos durante todas las fases del proyecto.

Fortalecer la coordinación entre disciplinas técnicas (arquitectura, instalaciones y electromedicina), asegurando consistencia entre planos, fichas técnicas y condiciones de instalación.

Implementar una herramienta de gestión documental que permita rastrear entregables, controlar versiones, validar avances y emitir alertas ante desviaciones.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Establecer un proceso estandarizado de validación interdisciplinaria, que asegure la compatibilidad entre las especialidades y facilite la supervisión.

Restricciones Detectadas en la Organización

- Ausencia de un sistema formal de trazabilidad documental que permita vincular cada entregable con su versión validada y aprobada.
- Cambios de diseño no gestionados oportunamente, que generan interferencias durante la ejecución e instalación de equipamiento.
- Roles y responsabilidades poco definidos respecto a la entrega, revisión y aprobación de documentación técnica.
- Fragmentación de la comunicación entre actores técnicos (contratistas, supervisores, proveedores, oficina técnica), sin un canal digital común para la validación de entregables.
- Uso limitado de plataformas colaborativas digitales, como Building Information Modeling (BIM), especialmente durante la fase de equipamiento, lo que restringe la coordinación y el control de versiones.

Definición del Problema y Oportunidades de Mejora

La identificación de las causas que originan retrasos, interferencias y sobrecostos en la instalación del equipamiento médico especializado del Hospital Tipo II-E de Huánuco se realiza a partir de un análisis de causa–efecto, elaborado con base en la evidencia recopilada durante la etapa de construcción. Este análisis permite agrupar los factores críticos que inciden en la problemática central, entre los que destacan las deficiencias en la gestión documental, la falta de control de versiones, la escasa coordinación interdisciplinaria y la ausencia de mecanismos formales de trazabilidad de los entregables técnicos.

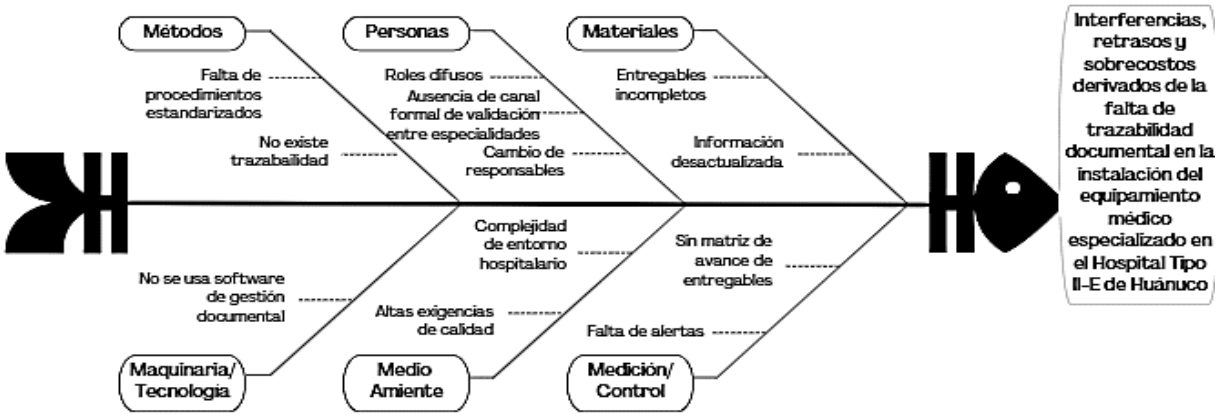
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

La representación gráfica del modelo de causa–efecto facilita la comprensión integral del problema y revela oportunidades de mejora orientadas a la estandarización de procesos, la implementación de herramientas digitales colaborativas y la optimización del flujo de información técnica entre los actores involucrados. Estos hallazgos constituyen la base para el diseño de la matriz de trazabilidad documental, propuesta que busca mitigar las causas identificadas y fortalecer la gestión de los proyectos hospitalarios en el país.

Además, el análisis permite identificar oportunidades de mejora concretas que pueden ser implementadas en la etapa constructiva, tales como: la creación de matrices de control de entregables, la asignación clara de responsables técnicos, el uso de entornos colaborativos como BIM para la validación de preinstalaciones, y la integración de mecanismos de seguimiento documental que aseguren la coherencia técnica y el cumplimiento normativo. Estas acciones no solo responden a las causas detectadas, sino que también ofrecen un marco replicable para otros proyectos de infraestructura en salud, especialmente en contextos con limitaciones técnicas o de supervisión.

Figura 1

Problemas en la instalación del equipamiento médico



Elaboración propia, basado en el enfoque clásico del diagrama de causa-efecto desarrollado por Kaoru Ishikawa (1986), adaptado a la gestión documental en proyectos hospitalarios.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Problema central

La ausencia de mecanismos formales de trazabilidad documental para los entregables técnicos del equipamiento médico especializado durante la etapa de construcción del Hospital Tipo II-E de Huánuco, lo que genera interferencias técnicas, retrasos, reprocesos y sobrecostos, afectando la coordinación entre especialidades y comprometiendo la puesta en marcha funcional del hospital.

Causas principales

El análisis de causa-efecto se ha estructurado mediante un diagrama de Ishikawa (Figura 1) basado en Ishikawa (1986), permite identificar las causas raíz que generan interferencias, retrasos y sobrecostos derivados de la falta de trazabilidad documental en la instalación del equipamiento médico especializado en el Hospital Tipo II-E de Huánuco.

Dentro de los factores relacionados con el personal se encuentran:

- Roles y funciones poco definidos entre los actores del proyecto (consultoras, contratistas, especialistas), lo que genera duplicidad de tareas y vacíos de responsabilidad.
- Ausencia de canales formales de validación entre especialidades técnicas, evidenciada por el número elevado de RFIs y retrasos en la aprobación de entregables.
- Cambios frecuentes de responsables sin procedimientos estructurados de transferencia documentaria, lo que afecta la continuidad técnica.

Con respecto a los factores metodológicos:

- Ausencia de procedimientos estandarizados para la entrega, revisión y validación de entregables técnicos, lo que impide una trazabilidad clara.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Ausencia de una matriz de trazabilidad que permita identificar el estado, responsables y validaciones de cada entregable en tiempo real (Kerzner, 2017).

En relación a los factores documentales (materiales):

- Entregables técnicos incompletos o inconsistentes con las especificaciones requeridas lo que genera observaciones en obra y retrabajos.
- Información técnica desactualizada en fases críticas como adquisición, instalación y puesta en marcha, afectando la compatibilidad entre especialidades.

Dentro de los factores tecnológicos tenemos:

- Uso limitado o nulo de herramientas digitales de gestión documental, como plataformas de control de versiones o integración con sistemas BIM (Eastman et al., 2018).
- Falta de plataformas colaborativas que faciliten la validación simultánea entre múltiples especialidades.

Respecto a factores del entorno del proyecto:

- Alta complejidad del entorno hospitalario, que exige compatibilidad entre infraestructura, instalaciones y equipos médicos.
- Cumplimiento obligatorio de normativas técnicas del Ministerio de Salud (MINSA) y estándares internacionales que requieren una coordinación técnica detallada (MINSA, 2020).

Sobre los factores de control y monitoreo:

- Ausencia de indicadores de avance y matrices de seguimiento específicas para entregables técnicos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Falta de alertas tempranas que permitan prevenir retrasos y tomar decisiones correctivas en etapas tempranas del proyecto.

Este análisis evidencia que el problema no se origina únicamente en la ejecución, sino en la gestión integral de los entregables técnicos, desde la planificación hasta la instalación. La implementación de una matriz de trazabilidad documental se presenta como una oportunidad concreta para mitigar estas causas y mejorar significativamente la gestión documentaria del equipamiento médico en proyectos hospitalarios, en línea con los objetivos específicos de esta investigación.

Identificación de actores clave y sus expectativas

Los principales actores involucrados en el desarrollo del proyecto Hospital Tipo II-E de Huánuco son los siguientes: la entidad ejecutora, representada por el Ministerio de Salud (MINSA), a través del Programa Nacional de Inversiones en Salud (PRONIS), y el Gobierno Regional de Huánuco (GORE); el contratista principal, responsable de la ejecución de la obra; el supervisor, encargado de verificar el cumplimiento técnico, normativo y contractual; los proveedores de equipamiento médico especializado, quienes deben coordinar la instalación conforme al avance físico del proyecto; el personal técnico de obra (ingenieros residentes, coordinadores BIM, arquitectos y técnicos de campo), que ejecuta las actividades constructivas y de montaje; los usuarios operativos, conformados por el personal médico, asistencial y administrativo del hospital, quienes requieren ambientes funcionales, equipamiento operativo y condiciones seguras para la prestación de servicios; los usuarios finales, representados por la población beneficiaria que accederá a servicios de salud de calidad; y las aseguradoras de salud, como el Seguro Integral de Salud (SIS) y otras entidades financieras del sistema sanitario, que demandan infraestructura operativa y equipamiento conforme a los estándares de aseguramiento y cobertura asistencial.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Cada actor posee expectativas específicas pero complementarias dentro del ciclo de vida del proyecto:

- La Entidad Ejecutora espera recibir un establecimiento totalmente operativo, libre de observaciones técnicas y funcionales.
- El Contratista Principal busca cumplir los plazos establecidos sin incurrir en penalidades ni ampliaciones no justificadas.
- El Supervisor prioriza la conformidad técnica de cada especialidad y la trazabilidad de la documentación entregada.
- Los proveedores de equipamiento médico esperan contar con ambientes habilitados, interfaces definidas y cronogramas coordinados para garantizar instalaciones seguras y oportunas.
- El personal técnico de obra requiere disponer de información actualizada, planos validados y especificaciones claras para ejecutar sin retrabajos.
- Los usuarios operativos esperan recibir equipos plenamente funcionales, con manuales y fichas técnicas integradas al proceso de capacitación.
- Los usuarios finales confían en acceder a servicios de salud eficientes, oportunos y seguros.
- Las aseguradoras requieren que el hospital cumpla con los estándares de calidad y funcionalidad que aseguren la continuidad de la atención y la sostenibilidad del financiamiento.

La ausencia de trazabilidad documental afecta de manera directa estas expectativas, generando conflictos entre actores, retrasos en la entrega de información y dificultades en la validación técnica del equipamiento médico especializado. La implementación de una matriz de trazabilidad documental permitirá integrar los intereses de los distintos actores, mejorando la coordinación, transparencia y eficiencia en la gestión del proyecto.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Mapa de procesos e identificación de los procesos involucrados en la problemática

En el siguiente mapa de procesos se representan las actividades clave relacionadas con la gestión del equipamiento médico especializado en el proyecto del Hospital Tipo II-E de Huánuco. Estos procesos han sido clasificados en tres niveles: estratégicos, técnicos y de apoyo, en concordancia con los lineamientos de gestión por procesos (ISO 9001:2015). La problemática identificada —la falta de trazabilidad documental en los entregables técnicos— impacta principalmente en diversos procesos técnicos y de apoyo, los cuales han sido resaltados gráficamente para su mejor identificación.

La ausencia de trazabilidad genera consecuencias directas en la calidad, seguridad y eficiencia de la implementación del equipamiento médico, afectando la continuidad del proyecto y la toma de decisiones documentada (Reinoso, 2021). A continuación, se detallan los procesos más afectados:

Procesos Técnicos Impactados

- Identificación de requerimientos de equipamiento: La carencia de registros estructurados sobre necesidades clínicas y normativas puede derivar en omisiones, sobrecostos o duplicidades en el equipamiento adquirido.
- Supervisión e inspección técnica: La falta de documentación estandarizada dificulta el control de calidad y cumplimiento de especificaciones técnicas durante las etapas de inspección y supervisión.
- Validación de entregables técnicos: Una documentación incompleta o dispersa impide realizar una revisión eficaz de manuales, fichas técnicas y planos, lo que compromete la validación técnica de los equipos.
- Puesta en marcha y recepción: Este proceso se ve comprometido por la falta de trazabilidad de pruebas, ajustes y garantías, lo que obstaculiza una recepción formal y técnicamente conforme.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

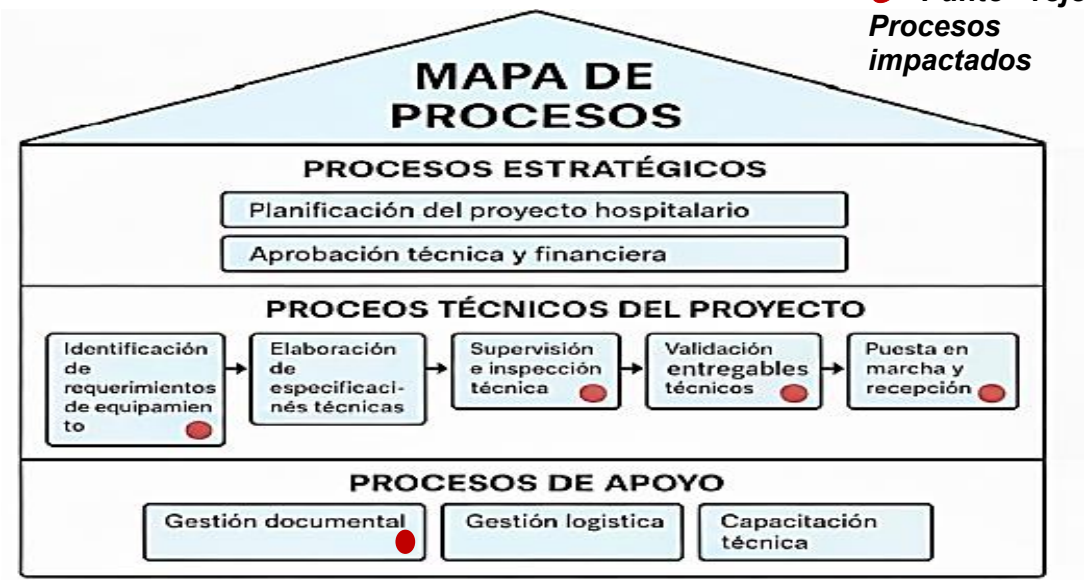
Proceso de Apoyo Comprometido

- Gestión documental: Este proceso transversal resulta gravemente afectado, ya que la ausencia de una matriz de trazabilidad organizada ocasiona dispersión, pérdida y desactualización de documentos clave como especificaciones, actas, informes técnicos y manuales operativos.

Figura 2.

Mapa de procesos involucrados en la gestión de entregables técnicos del equipamiento médico

Punto rojo: Procesos impactados



Elaboración propia basada en el Project Management Institute (PMI, 2021) y el Manual de Gestión de Proyectos de Inversión Pública (Invierte.pe, 2020).

La problemática de trazabilidad técnica involucra una cadena de procesos interdependientes que requiere una coordinación efectiva entre diversas especialidades. En el mapa de procesos presentado (Figura 2), se identificaron procesos técnicos y de apoyo afectados por la falta de trazabilidad documental, tales como la identificación de requerimientos, la validación de entregables técnicos, la supervisión técnica, la puesta en marcha y la gestión documental.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

A partir de estos procesos generales, se han desagregado las actividades específicas que conforman el flujo de trazabilidad documentaria del equipamiento médico especializado. Estas actividades no son procesos nuevos, sino subprocesos operativos (Guzmán Guajardo, 2022). que se articulan dentro de los procesos técnicos ya identificados . Entre ellos se encuentran:

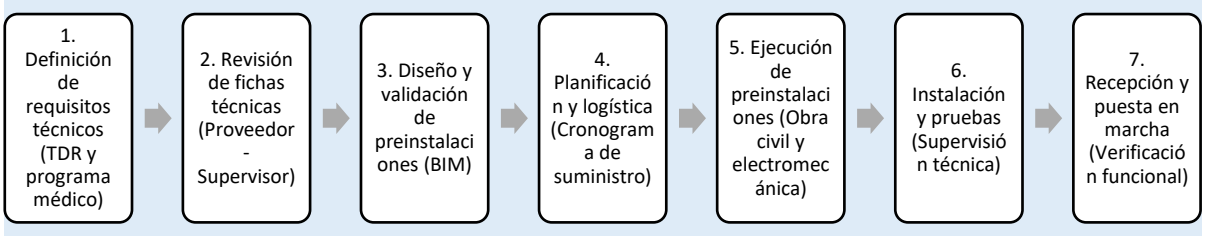
- Definición de requisitos técnicos: elaboración del programa médico funcional y los términos de referencia (TDR).
- Revisión de fichas técnicas: validación conjunta entre proyectista, proveedor y supervisor.
- Diseño y validación de preinstalaciones: desarrollo de planos coordinados mediante entornos colaborativos como BIM.
- Planificación y logística: programación del suministro de equipos y accesorios.
- Ejecución de preinstalaciones: instalación de redes, sistemas eléctricos y obras civiles vinculadas.
- Instalación y pruebas: montaje de equipos, validación técnica e informes de conformidad normativa.
- Recepción y puesta en marcha: verificación funcional, entrega de manuales técnicos, capacitación y actas de conformidad.

Estos subprocesos deben estar articulados mediante un sistema de gestión documental con trazabilidad, que permita realizar un seguimiento sistemático y verificable de cada entregable técnico desde su origen hasta su implementación final. La ausencia de este tipo de sistema ha sido identificada como una causa relevante de interferencias, retrabajos, retrasos y sobrecostos en diversos proyectos hospitalarios a nivel nacional (SIS, 2022; Vilela & Córdova, 2020).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 3

Flujo de procesos clave para la trazabilidad técnica del equipamiento médico.



Elaboración propia basado en Guzmán Guajardo (2022).

Delimitación del estudio

El presente estudio se circunscribe exclusivamente a la fase de construcción del Hospital Tipo II-E de Huánuco, con énfasis en los procesos técnicos y de apoyo vinculados a la gestión de los entregables del equipamiento médico especializado. Se abordan los actores involucrados, los mecanismos de validación técnica, y la trazabilidad documental de dichos entregables.

No se incluyen las etapas previas de diseño arquitectónico ni las fases posteriores a la recepción final, tales como operación, mantenimiento o auditoría post-obra. Esta delimitación permite focalizar el análisis en los puntos críticos donde la trazabilidad documental impacta directamente en la coordinación técnica, los plazos y los costos del proyecto.

Justificación

La presente investigación cobra especial relevancia al proponer una herramienta de gestión orientada exclusivamente a la etapa de construcción, con el objetivo de reducir los retrasos, interferencias técnicas y sobrecostos que afectan recurrentemente a los proyectos hospitalarios complejos en el Perú. Desde una perspectiva técnica, se aborda uno de los principales problemas en este tipo de proyectos: la falta de trazabilidad documental, especialmente crítica cuando se integran equipamientos médicos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

especializados. A diferencia de otras edificaciones, los hospitales requieren una articulación rigurosa entre el diseño arquitectónico, las instalaciones electromecánicas y los requerimientos de los equipos médicos, todo ello bajo el cumplimiento estricto de las normativas del Ministerio de Salud (MINSA) y estándares internacionales. En este contexto, disponer de información técnica actualizada, validada y accesible en cada fase del proyecto resulta esencial para prevenir retrasos y asegurar la correcta puesta en marcha del hospital.

Desde el enfoque teórico, la investigación se sustenta en principios de gestión por procesos (ISO 9001:2015), gestión de proyectos (PMI, 2021) y trazabilidad documental aplicada a entornos hospitalarios (Guzmán Guajardo, 2022). La propuesta de una matriz de trazabilidad documental responde a la necesidad de contar con un mecanismo estructurado que permita centralizar, verificar y coordinar la información técnica de manera oportuna y precisa, alineándose con los fundamentos de control de calidad, mejora continua y gestión integrada de entregables técnicos.

En términos prácticos, el caso específico del Hospital Tipo II-E de Huánuco evidencia esta problemática. Durante su ejecución, se identificaron múltiples entregables mal coordinados, ausencia de responsables definidos para la validación técnica y falta de trazabilidad sobre los requisitos de equipamiento médico. Esta situación generó retrasos en la obra, aumentos de presupuesto y riesgos de no cumplimiento funcional. La ausencia de herramientas de control como matrices de trazabilidad contribuyó a la entrega tardía de planos y especificaciones, generó interferencias técnicas en obra, obligó a rediseños de último minuto y produjo sobrecostos significativos. Estos factores no solo afectan el desarrollo técnico del proyecto, sino que también comprometen su operatividad oportuna y, por ende, la atención de servicios críticos para la población.

Desde el punto de vista económico, la implementación de una matriz de trazabilidad documental contribuye directamente a la optimización de los recursos del proyecto, al

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

reducir los costos asociados a reprocesos, paralizaciones y ampliaciones de plazo. Al evitar errores de coordinación y asegurar la entrega oportuna de información técnica validada, se minimizan los riesgos contractuales y se mejora la eficiencia del gasto público en infraestructura hospitalaria.

Frente a esta realidad, la investigación propone el diseño de una matriz de trazabilidad documental como una solución concreta y aplicable. Esta herramienta permitirá mejorar la coordinación entre especialidades técnicas, prever interferencias y reducir retrabajos durante la ejecución, optimizar los plazos de entrega y los costos del proyecto, y garantizar el cumplimiento de normativas técnicas y estándares de calidad. Además, el valor de esta propuesta radica en su potencial de réplica: las buenas prácticas identificadas y sistematizadas a partir de esta matriz pueden ser aplicadas en otros proyectos de infraestructura en salud a nivel nacional, especialmente en regiones donde los recursos técnicos y la supervisión son limitados.

En resumen, la investigación contribuye a la eficiencia y eficacia en la gestión de proyectos hospitalarios durante la etapa de construcción, mediante una solución práctica, documentada y basada en la realidad operativa del país, focalizada en el caso del Hospital II-E de Huánuco.

Problema de investigación

¿De qué manera una matriz de trazabilidad documental, acompañada de mecanismos de control, puede mejorar la gestión de los entregables técnicos del equipamiento médico especializado durante la construcción del Hospital Tipo II-E en Huánuco, contribuyendo a la reducción de interferencias, retrasos y sobrecostos?

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Objetivo general

Diseñar una matriz de trazabilidad documental con mecanismos de control para los entregables técnicos del equipamiento médico especializado en la etapa de construcción.

Objetivos específicos

1. Identificar los entregables técnicos clave del equipamiento médico especializado en la construcción del Hospital Tipo II-E de Huánuco.

2. Analizar los principales problemas de trazabilidad documental en proyectos hospitalarios, especialmente en lo que respecta a los entregables técnicos, y su impacto en plazos, costos y coordinación.

3. Diseñar una matriz de trazabilidad documental para la etapa de construcción que registre y controle los entregables técnicos del equipamiento médico especializado, asignando responsables, fechas y avances, e incorporando validaciones progresivas para asegurar la coherencia técnica y el cumplimiento normativo.

4. Evaluar la aplicabilidad y efectividad de la matriz de trazabilidad en la etapa de construcción del Hospital II-E de Huánuco, analizando su impacto en la reducción de interferencias y optimización de la coordinación técnica entre especialidades.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

Análisis del Entorno (PESTEL)

El presente proyecto se enmarca dentro del contexto del sistema de salud peruano, el cual se ve influenciado por diversos factores externos. A continuación, se presenta un análisis PESTEL:

Fuerzas políticas, gubernamentales (P)

La implementación de sistemas de trazabilidad para el equipamiento médico en hospitales públicos se enmarca dentro de las políticas nacionales de fortalecimiento de la infraestructura en salud. En el caso peruano, normativas como la Resolución Ministerial N.º 022-2024-MINSA promueven el uso de herramientas tecnológicas para garantizar el control y seguimiento de los bienes adquiridos por el Estado. Estos lineamientos buscan mitigar retrasos y asegurar una entrega efectiva de servicios de salud.

Además, el Plan Nacional de Inversiones en Salud (PNIS) y la Política Nacional Multisectorial de Salud al 2030 plantean directrices específicas para mejorar la eficiencia del gasto público en infraestructura sanitaria, priorizando mecanismos que fortalezcan la transparencia y la rendición de cuentas. La implementación de sistemas de trazabilidad en los proyectos hospitalarios se alinea con este enfoque, ya que permite hacer un seguimiento preciso de cada componente técnico desde su adquisición hasta su instalación, facilitando la fiscalización de los recursos del Estado.

Asimismo, organismos como PRONIS (Programa Nacional de Inversiones en Salud) tienen protocolos para la supervisión técnica de los proyectos hospitalarios, los cuales, en muchos casos, carecen de herramientas robustas de trazabilidad documental. El desarrollo e implementación de matrices de trazabilidad permitiría mejorar la gobernanza del proceso constructivo, minimizando riesgos políticos vinculados a

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

cuestionamientos por retrasos, sobrecostos o fallas en la implementación. En un contexto como el peruano, donde la estabilidad política puede impactar directamente en la continuidad de los proyectos, contar con un sistema estandarizado y digitalizado de seguimiento documental resulta estratégico.

Finalmente, cabe resaltar que la trazabilidad del equipamiento también está siendo considerada en los procesos de mejora normativa. Actualmente, el Congreso de la República y el Ejecutivo promueven reformas en los sistemas de contrataciones del Estado, donde uno de los puntos críticos es precisamente la supervisión de los entregables técnicos. En este marco, contar con un flujo documentado que garantice trazabilidad mejora no solo la eficiencia técnica del proyecto, sino también su legitimidad política frente a la ciudadanía.

Fuerzas económicas y financieras (E)

La dimensión económica y financiera representa uno de los factores más determinantes para la ejecución adecuada de proyectos hospitalarios. La inversión pública en infraestructura de salud se enfrenta a restricciones presupuestarias, cambios en la asignación de recursos y procesos administrativos que pueden ralentizar la entrega oportuna de equipamiento. En este sentido, la trazabilidad documental surge como una herramienta clave para optimizar el uso de los recursos asignados, evitar sobrecostos y garantizar la transparencia en cada etapa del proyecto.

En proyectos hospitalarios de mediana y gran envergadura, como el Hospital Tipo II-E de Huánuco, la ausencia de mecanismos eficientes de trazabilidad ha generado reprocesos, pérdidas de equipos y fallas en el control patrimonial. Estos problemas se traducen en impactos negativos sobre el presupuesto aprobado, obligando a realizar adendas o reprogramaciones contractuales que incrementan los costos finales. De acuerdo con Botín-Aliseda et al. (2023), la implementación de sistemas de trazabilidad

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

reduce hasta en 30% los tiempos de instalación y en 25% los errores de ubicación, lo que representa una mejora directa en la eficiencia económica del proyecto.

Adicionalmente, la trazabilidad permite contar con información precisa y en tiempo real sobre la localización y estado de los bienes adquiridos. Esto facilita la planificación financiera, evita pagos por bienes no entregados o no instalados, y optimiza los mecanismos de control presupuestal en los niveles central y regional. Así, se incrementa la capacidad de respuesta ante auditorías y se fortalece el cumplimiento de las disposiciones de los órganos de control, como la Contraloría General de la República y el MEF.

El uso de matrices de trazabilidad también permite realizar análisis costo-beneficio más precisos, al identificar cuellos de botella, duplicidades o desviaciones que impactan el desempeño financiero del proyecto. En el actual contexto económico nacional, donde el gasto público está altamente fiscalizado y sujeto a restricciones macroeconómicas, la eficiencia en la gestión de proyectos es un imperativo. Por ello, incorporar la trazabilidad como parte estructural del flujo técnico-administrativo de los proyectos hospitalarios no solo es recomendable, sino necesario para garantizar una ejecución fiscalmente responsable.

Fuerzas sociales, culturales y demográficas (S)

El contexto social y demográfico en el que se implementan los proyectos hospitalarios es un factor clave para determinar su alcance y efectividad. En regiones como Huánuco, marcadas por condiciones de desigualdad, limitada cobertura en salud y barreras de acceso a servicios básicos, la implementación de sistemas de trazabilidad en el equipamiento médico no solo responde a una necesidad técnica, sino también a una demanda social urgente.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En estos contextos, la trazabilidad contribuye a garantizar que los recursos lleguen efectivamente a los usuarios finales, promoviendo una distribución más equitativa de la tecnología médica. La disponibilidad oportuna y adecuada del equipamiento especializado impacta directamente en la calidad de atención, reduciendo las brechas en salud entre zonas urbanas y rurales. Además, la percepción de la ciudadanía respecto al uso eficiente de los recursos públicos mejora significativamente cuando se puede demostrar el cumplimiento de plazos, especificaciones técnicas y cobertura de necesidades reales.

Desde el enfoque cultural, es importante reconocer que la apropiación de nuevas tecnologías y equipos también depende de la capacidad del personal de salud para operar adecuadamente los dispositivos. La trazabilidad, al incluir registros de capacitación, manuales de operación y protocolos de instalación, facilita la transición hacia un uso más efectivo y sostenible del equipamiento.

En términos demográficos, el crecimiento poblacional y el envejecimiento de la población generan nuevas demandas sobre el sistema hospitalario. Los proyectos deben anticipar estas tendencias y garantizar que el equipamiento entregado pueda satisfacer dichas necesidades a lo largo del tiempo. Así, la trazabilidad no solo se convierte en un instrumento de control operativo, sino también en una herramienta de planificación a futuro.

Finalmente, desde una perspectiva de transparencia institucional, la trazabilidad documental ofrece evidencia objetiva del cumplimiento de los compromisos asumidos por el Estado. Esto refuerza la confianza ciudadana en las instituciones públicas y promueve una cultura de gestión basada en resultados, indispensable para fortalecer la gobernabilidad en regiones vulnerables como Huánuco.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Fuerzas tecnológicas y científicas (T)

El desarrollo de tecnologías aplicadas a la gestión de infraestructura hospitalaria ha transformado la manera en que se planifican, ejecutan y supervisan los proyectos públicos. En particular, herramientas como el Building Information Modeling (BIM), la identificación por radiofrecuencia (RFID), los sistemas de localización en tiempo real (RTLS) y los softwares interoperables han revolucionado la trazabilidad documental y física del equipamiento médico.

El BIM permite modelar tridimensionalmente el diseño del hospital, integrando datos arquitectónicos, estructurales, electromecánicos y de equipamiento. Su uso facilita la planificación anticipada de espacios, evitando interferencias durante la instalación y permitiendo una visualización clara de cada fase del proyecto. La trazabilidad se ve beneficiada al poder vincular cada entregable técnico a su posición física y función dentro del modelo digital del hospital.

Por su parte, tecnologías como el RFID permiten realizar un seguimiento automático y preciso de cada equipo médico desde su despacho hasta su instalación final. Este tipo de identificación electrónica reduce significativamente los errores humanos, mejora el control patrimonial y permite tomar decisiones operativas con información actualizada en tiempo real. Integrados con plataformas de RTLS, estos sistemas permiten ubicar dispositivos en el entorno hospitalario, optimizando su distribución y minimizando pérdidas o duplicaciones.

González et al. (2020) señalan que la adopción conjunta de estas herramientas mejora la eficiencia operativa en más del 40%, reduce las fallas de compatibilización entre instalaciones y equipos, y permite una trazabilidad integrada tanto documental como física. Esto no solo mejora la calidad de los proyectos, sino que también fortalece los mecanismos de rendición de cuentas ante los entes reguladores y la ciudadanía.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Además, la interoperabilidad de sistemas permite centralizar la información en plataformas compartidas entre todos los actores del proyecto: arquitectos, ingenieros, proveedores de equipamiento, supervisores y autoridades. Esta integración tecnológica no solo mejora la comunicación, sino que reduce tiempos de validación y minimiza el riesgo de errores por descoordinación. La trazabilidad, entonces, se convierte en un componente estructural del ecosistema digital hospitalario, que permite alinear procesos técnicos con resultados clínicos esperados.

En este contexto, la incorporación de tecnologías emergentes en los procesos de gestión de equipamiento médico ya no es una opción, sino una necesidad. La evidencia técnica respalda su uso, y la tendencia global apunta a su estandarización en todos los proyectos hospitalarios de alta complejidad. Por ello, cualquier estrategia de mejora en la trazabilidad documental debe considerar un enfoque tecnológico robusto, escalable y alineado con las mejores prácticas internacionales.

Fuerzas ecológicas y ambientales (E)

La gestión ambiental en proyectos hospitalarios ha cobrado mayor relevancia en los últimos años, dada la creciente preocupación por el impacto ecológico de la infraestructura pública. En este contexto, la trazabilidad del equipamiento médico adquiere una nueva dimensión: no solo cumple funciones técnicas y operativas, sino que también se convierte en una herramienta para el monitoreo ambiental y la sostenibilidad.

El ciclo de vida de los equipos médicos incluye etapas que van desde la fabricación y transporte, hasta su instalación, operación, mantenimiento y disposición final. Una trazabilidad bien implementada permite registrar cada una de estas fases, facilitando la aplicación de políticas de economía circular, reciclaje responsable y gestión adecuada de residuos tecnológicos y hospitalarios. Esto es especialmente importante si se

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

considera que muchos dispositivos biomédicos contienen componentes electrónicos y sustancias químicas que requieren un manejo especializado al final de su vida útil.

La normativa peruana, en particular el Decreto Supremo N.° 006-2020-SA, establece lineamientos claros sobre la gestión de residuos sólidos en establecimientos de salud. La trazabilidad documental apoya el cumplimiento de estas disposiciones, al permitir verificar con exactitud qué equipos han sido retirados, cuál fue su destino final y si se cumplieron los protocolos ambientales correspondientes. Esto reduce significativamente los riesgos sanitarios y legales derivados de un mal manejo de residuos hospitalarios.

Además, desde un enfoque preventivo, la trazabilidad ayuda a identificar equipos con mayor consumo energético o con historial de fallas, lo cual permite tomar decisiones informadas para sustituirlos por tecnologías más eficientes y ecológicas. Así, la trazabilidad contribuye también a la eficiencia energética del hospital y a la reducción de su huella de carbono.

En términos institucionales, contar con una trazabilidad ambientalmente responsable mejora la imagen de las organizaciones públicas, demostrando compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 12 (Producción y consumo responsables) y el ODS 13 (Acción por el clima). Esto también puede ser un factor clave al momento de acceder a financiamiento internacional o a certificaciones ambientales como LEED o EDGE, cada vez más requeridas en proyectos públicos.

Por tanto, la trazabilidad ambiental debe entenderse como un componente integral del sistema de gestión hospitalaria, que no solo responde a exigencias legales, sino que promueve un modelo de infraestructura sanitaria más sostenible, responsable y alineado con las demandas globales de desarrollo ecológico.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Fuerzas legales (L)

El entorno legal en el que se desarrollan los proyectos hospitalarios en el Perú está enmarcado por un conjunto de normativas y regulaciones que buscan asegurar el cumplimiento de estándares técnicos, de seguridad, calidad y transparencia. En este contexto, la trazabilidad documental del equipamiento médico especializado se convierte en una herramienta clave para cumplir con dichas exigencias normativas y contractuales.

Entre los principales marcos normativos aplicables se encuentran la Ley N.º 30225, Ley de Contrataciones del Estado, que exige que los procesos de adquisición y ejecución de proyectos públicos estén debidamente sustentados y auditables. La trazabilidad permite documentar cada entrega técnica, registrar sus fechas, responsables, y validaciones, facilitando auditorías internas y externas, además del control de cumplimiento contractual por parte de las entidades supervisoras.

Asimismo, el Reglamento Nacional de Establecimientos de Salud (DS N.º 020-2014-SA) establece requisitos específicos para la infraestructura y equipamiento biomédico en hospitales, los cuales deben documentarse técnicamente desde la planificación hasta la instalación y operación. La trazabilidad asegura que esta documentación esté disponible, organizada y actualizada para su consulta durante inspecciones o fiscalizaciones.

Por otro lado, la Ley N.º 29733, Ley de Protección de Datos Personales, también es relevante, especialmente en lo que concierne a los sistemas digitales de trazabilidad que almacenan datos sensibles. Estos sistemas deben garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información técnica y administrativa de los equipos, alineándose con los principios legales de protección de datos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

La trazabilidad documental también aporta valor ante eventuales controversias contractuales, ya que permite demostrar cumplimiento, responder ante observaciones y evitar sanciones por parte de organismos de control como la Contraloría General de la República o los Órganos de Control Institucional (OCI). En el marco de los proyectos hospitalarios, donde las adquisiciones involucran inversiones significativas y múltiples actores (MINSA, gobiernos regionales, contratistas, proveedores internacionales), contar con trazabilidad legalmente válida protege la integridad del proceso.

Finalmente, la implementación de matrices de trazabilidad también permite alinearse con estándares internacionales de gestión de calidad como la ISO 13485 (para dispositivos médicos) o la ISO 9001 (gestión de calidad), los cuales incluyen requisitos documentarios que fortalecen la transparencia, la responsabilidad institucional y el cumplimiento normativo.

En resumen, las fuerzas legales refuerzan la necesidad de una trazabilidad documental robusta, que permita dar cuenta de cada etapa del proceso técnico y contractual del equipamiento médico especializado, en conformidad con la normativa vigente y como soporte para una gestión hospitalaria moderna y legalmente segura.

Descripción del sector y de la organización

El sector salud en el Perú enfrenta importantes desafíos vinculados a la cobertura, calidad y eficiencia en la prestación de servicios, especialmente en regiones alejadas de la capital (MINSA, 2022). Dentro de este contexto, el equipamiento médico especializado desempeña un rol crítico en el fortalecimiento de la infraestructura hospitalaria y en la garantía del derecho a la salud (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

En los últimos años, el Estado ha venido impulsando proyectos de inversión pública orientados a la construcción y mejora de hospitales de distintos niveles de complejidad.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

No obstante, estos proyectos frecuentemente enfrentan retrasos, sobrecostos y deficiencias en la gestión documental y técnica de los entregables, lo cual afecta el cumplimiento de los plazos y la calidad del servicio final (Contraloría General de la República, 2021).

En este marco se sitúa el Hospital Tipo II-E de Huánuco, como parte de la estrategia del Ministerio de Salud (MINSA) para ampliar y mejorar los servicios hospitalarios en la región centro-oriental del país. Este tipo de establecimiento se caracteriza por brindar atención especializada, incluyendo áreas quirúrgicas, hospitalización, diagnóstico por imágenes, laboratorio, farmacia, entre otros, por lo que requiere equipamiento médico complejo y de alta tecnología (PRONIS, 2023).

La organización responsable de ejecutar el proyecto es el Programa Nacional de Inversiones en Salud (PRONIS), dependiente del MINSA, en coordinación con el Gobierno Regional de Huánuco. Esta entidad lidera los procesos de planificación, contratación, supervisión y recepción del equipamiento médico especializado, en un entorno técnico-administrativo complejo y altamente regulado (Invierte.pe, 2022).

En este contexto, el diseño de una matriz de trazabilidad documental para los entregables técnicos del equipamiento médico se presenta como una necesidad estratégica para mejorar la gestión de la información, facilitar auditorías, prevenir errores y asegurar la calidad del proceso (ISO 13485, 2016).

Alineamiento del Proyecto de Construcción

El proyecto de construcción del Hospital Tipo II-E de Huánuco se alinea con las políticas nacionales de salud, infraestructura y modernización del Estado. En particular, responde a los objetivos estratégicos establecidos en el Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad (PNIC), el Plan Nacional de Inversiones en Salud (PNIS), y los

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

lineamientos del Ministerio de Salud (MINSA, 2022) orientados a cerrar brechas de acceso y calidad en los servicios de salud a nivel nacional.

A nivel regional, el proyecto está alineado con las prioridades del Gobierno Regional de Huánuco en cuanto a la mejora de la cobertura y la capacidad resolutiva de los establecimientos de salud. Asimismo, responde a las metas del Plan de Desarrollo Regional Concertado (PDRC, 2021), que reconoce la necesidad de mejorar la infraestructura sanitaria como base para el desarrollo humano y la reducción de la pobreza.

Desde una perspectiva técnica y de gestión, el proyecto se enmarca dentro de la normativa vigente del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (Invierte.pe, 2022), lo que exige una rigurosa planificación, formulación, ejecución y supervisión de los componentes del proyecto, incluyendo el equipamiento médico especializado.

La trazabilidad documental propuesta en esta investigación se articula como una herramienta clave para garantizar que los entregables técnicos del equipamiento médico cumplan con los estándares establecidos en los expedientes técnicos, contratos y normativas sectoriales (ISO 9001, 2015). Esto permite asegurar la calidad, pertinencia y funcionalidad del equipamiento, además de facilitar la rendición de cuentas y el control por parte de los entes supervisores.

Bases Teóricas de la Industria o Sector

Desde una perspectiva teórica, esta industria se fundamenta en los principios de la gestión tecnológica (García, 2019; Hernández Nariño, 2022), la logística hospitalaria (Soto & Herrera, 2020; Trigoso Vergaray et al., 2023) y la ingeniería clínica (Pérez, 2021; Lizcano-Jaramillo & Camacho-Cogollo, 2019).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

La gestión tecnológica en salud implica la planificación, adquisición, uso y mantenimiento de tecnologías sanitarias, buscando optimizar su eficiencia, efectividad y sostenibilidad. Hernández Nariño (2022) destaca que esta gestión debe basarse en criterios confiables de seguridad y calidad, siendo clave para la innovación y el desempeño hospitalario. Su estudio en entornos asistenciales propone indicadores técnicos que permiten evaluar la pertinencia de cada tecnología incorporada, lo cual se relaciona directamente con la trazabilidad documental de los entregables técnicos.

La logística hospitalaria se enfoca en la organización y control del flujo de materiales y equipos dentro del sistema hospitalario, asegurando su disponibilidad y funcionalidad. Trigoso Vergaray et al. (2023) analizan cómo la gestión logística influye en la calidad del servicio al cliente interno, especialmente en contextos de pandemia, y recomiendan el uso de herramientas de trazabilidad para mejorar la eficiencia operativa y la coordinación entre áreas técnicas.

Por último, la ingeniería clínica se encarga de aplicar principios de ingeniería en el contexto hospitalario para garantizar la seguridad y el rendimiento de los equipos médicos. Lizcano-Jaramillo & Camacho-Cogollo (2019) proponen un enfoque hospitalario para la evaluación de tecnologías en salud, considerando criterios técnicos, normativos y documentales que permiten validar la incorporación de dispositivos médicos en función de su impacto clínico y operativo.

A nivel normativo y operativo, el proceso de gestión de equipamiento médico se rige por estándares internacionales como los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), así como por normativas nacionales dictadas por el MINSA, PRONIS y otras entidades vinculadas al control de calidad, compras públicas y supervisión técnica. Estos marcos reguladores exigen una trazabilidad clara de todos los entregables técnicos, desde la planificación hasta su instalación y puesta en funcionamiento.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

La literatura académica sobre trazabilidad documental y gestión de equipamiento en hospitales resalta la importancia de contar con sistemas estructurados para el control y seguimiento de entregables (Torres & Mendoza, 2020), permitiendo una supervisión más eficaz, reducción de errores y mejora en la toma de decisiones.

Definiciones y Criterios de Análisis

Para una adecuada comprensión del presente estudio, se consideran las siguientes definiciones operativas y criterios analíticos clave, los cuales permiten delimitar con precisión los conceptos clave y garantizar la consistencia en el análisis y la interpretación de los resultados:

Trazabilidad documental: Capacidad de identificar, rastrear y verificar el historial, la aplicación o la ubicación de un documento o entregable técnico a lo largo de todo su ciclo de vida (ISO 13485, 2016). En este estudio, se aplica para garantizar el seguimiento integral de los entregables del equipamiento médico especializado durante su adquisición, instalación y validación en obra.

Entregables técnicos: Documentos, planos, especificaciones, informes, manuales, certificados de calidad, actas de instalación, entre otros productos documentarios generados durante el proceso de adquisición, instalación y validación del equipamiento médico (Torres & Mendoza, 2020). En el caso del Hospital II-E Huánuco, incluyen el expediente técnico y registros asociados al equipamiento médico especializado.

Equipamiento médico especializado: Conjunto de dispositivos, tecnologías y equipos que permiten la atención médica especializada, diagnóstico preciso, monitoreo continuo y tratamiento efectivo de los pacientes en un entorno hospitalario (OMS, 2021). En este proyecto, abarca desde sistemas de diagnóstico por imagen hasta equipos de soporte vital, cuya instalación requiere cumplimiento estricto de normativas técnicas y sanitarias.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Matriz de trazabilidad: Herramienta de control que permite registrar de forma estructurada la relación entre cada entregable técnico, su estado, responsables, versiones, fecha de emisión, validación y ubicación documental, facilitando su seguimiento y auditoría (ISO 9001, 2015). En este estudio, será implementada para verificar la calidad, pertinencia y cumplimiento normativo de cada entregable del equipamiento médico en la etapa de obra.

Gestión documental: Conjunto de normas, procedimientos y herramientas utilizadas para administrar eficientemente los documentos generados en una organización, asegurando su accesibilidad, integridad, seguridad y disponibilidad durante todo su ciclo de vida (García, 2019). En el contexto del Hospital II-E Huánuco, se aplicará para sistematizar la información técnica, optimizar el flujo de aprobación y facilitar la rendición de cuentas.

Estos conceptos servirán de base para el análisis, diseño y validación de la propuesta, y orientarán el desarrollo metodológico del proyecto, asegurando claridad y coherencia en su aplicación práctica.

Para garantizar la consistencia metodológica y la validez de los resultados, se establecen los siguientes criterios de análisis aplicables a la evaluación de los entregables técnicos y la trazabilidad documental en el Hospital Tipo II-E de Huánuco:

Pertinencia técnica: Se evaluará si cada entregable responde a los requerimientos técnicos establecidos en el expediente del equipamiento médico especializado, considerando compatibilidad, funcionalidad y normativa aplicable.

Completitud documental: Se analizará el grado de cumplimiento en la entrega de documentos requeridos por especialidad, verificando la presencia de planos, fichas técnicas, manuales, certificados y actas de instalación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Validación progresiva: Se revisará si los entregables cuentan con validaciones parciales o finales por parte de los responsables técnicos, supervisores o entidades reguladoras, conforme al cronograma de obra.

Control de versiones: Se verificará la existencia de mecanismos para identificar, registrar y diferenciar versiones de documentos técnicos, evitando duplicidades, errores o desactualizaciones.

Ubicación y accesibilidad documental: Se evaluará la disponibilidad de los entregables en repositorios físicos o digitales, su trazabilidad en matrices de control y la facilidad de acceso para los actores involucrados.

Responsabilidad asignada: Se analizará si cada entregable tiene un responsable técnico claramente identificado, con funciones definidas en el proceso de adquisición, instalación o validación.

Impacto en la coordinación técnica: Se medirá el efecto de la trazabilidad documental sobre la articulación entre especialidades, la reducción de interferencias técnicas y la eficiencia en la instalación del equipamiento.

Estos criterios permitirán comparar los procedimientos actuales con la propuesta de matriz de trazabilidad, identificar brechas y validar la efectividad del instrumento diseñado.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

El presente capítulo describe la solución propuesta para abordar la problemática identificada: la falta de trazabilidad documental en los entregables técnicos del equipamiento médico especializado en proyectos hospitalarios tipo II-E, exclusivamente a la etapa de ejecución de obra. La metodología se fundamenta en un enfoque técnico-documental, mediante el cual se analiza la documentación existente del Hospital II-E de Huánuco y se diseñan herramientas aplicables para optimizar la coordinación técnica durante la ejecución de obras, sin abarcar etapas de diseño, preinversión o mantenimiento posterior.

La propuesta contempla el diseño de una matriz de trazabilidad documental, acompañada de herramientas complementarias de gestión técnica. Se busca que esta solución sea replicable, escalable y útil para futuros proyectos del sector salud, aportando una visión estructurada del flujo de información técnica y facilitando la validación de entregables en cada fase constructiva.

Enfoque

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo de tipo aplicado, centrado en el análisis técnico-documental de evidencias generadas durante la fase de ejecución del proyecto Hospital II-E de Huánuco. Esta orientación permite comprender fenómenos complejos en su contexto real, como lo es la deficiente trazabilidad de entregables técnicos del equipamiento médico especializado. A través de una revisión sistemática de planos de preinstalación, fichas técnicas, memorias descriptivas y registros de obra (bitácoras, informes de avance, reportes técnicos), correspondientes únicamente al periodo de ejecución, identificando cómo los vacíos documentales y la falta de articulación entre especialidades generan interferencias técnicas, retrasos y sobrecostos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

El estudio se apoya, además, en la experiencia directa del investigador como Arquitecto de oficina técnica, lo cual otorga un valor añadido al análisis contextual. Esta perspectiva interna permite no solo identificar los errores más frecuentes, sino también formular propuestas viables, sostenibles y replicables en otros proyectos similares del sector salud. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el enfoque aplicado busca resolver problemáticas concretas mediante soluciones prácticas, lo cual se alinea con el objetivo de esta investigación.

Alcance

El presente estudio se circunscribe principalmente a la fase de ejecución de obra del Hospital Tipo II-E de Huánuco, enfocándose en los procesos vinculados a la gestión técnica y documental del equipamiento médico especializado. En concordancia con la Figura 3, se priorizan los procesos comprendidos entre el paso 4 (Planificación y logística) y el paso 6 (Instalación y pruebas), correspondientes a la etapa constructiva.

No obstante, se reconocen actividades complementarias que, aunque se originan en fases previas o posteriores, tienen implicancia directa en la trazabilidad documental durante la ejecución. Por ello, se incluyen fases críticas como la validación de fichas técnicas, el modelado de planos de preinstalación y la verificación final, siempre que generen entregables técnicos verificables, requieran coordinación interdisciplinaria y afecten la instalación del equipamiento.

Se excluyen del análisis integral las etapas de preinversión, diseño arquitectónico, adquisición administrativa, mantenimiento de equipos y operación clínica del hospital. Esta delimitación responde al objetivo técnico-documental del estudio, centrado en mejorar la trazabilidad de los entregables durante la ejecución física en obra.

Asimismo, se reconoce que existen procesos de *Gestión* documental ya implementados por la organización durante la ejecución, tales como formatos de actas, bitácoras,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

reportes técnicos y matrices de avance. Estos procesos serán identificados y reutilizados como parte del diseño de la propuesta.

Herramientas y Técnicas Aplicadas

Con el fin de identificar las principales falencias y proponer mejoras en la trazabilidad documental del equipamiento, se emplearán las siguientes herramientas técnicas:

- Revisión documental sistemática, centrada en planos arquitectónicos, de instalaciones y fichas técnicas de equipos médicos.
- Análisis comparativo entre los documentos proyectados y los registros de obra ejecutada (bitácoras, actas de reunión, observaciones de supervisión).
- Aplicación del análisis causa–efecto mediante el diagrama de Ishikawa, como herramienta para identificar y clasificar las interferencias técnicas generadas por la falta de trazabilidad. A partir de este análisis se construirá la matriz de interferencias técnicas, que permitirá visualizar los puntos críticos donde se evidenciaron problemas de ejecución.
- Elaboración de diagramas de flujo, que representarán tanto el proceso actual de gestión documental como una propuesta de proceso optimizado basado en buenas prácticas del sector.

Instrumentos Complementarios Derivados de la Aplicación Metodológica

Como resultado de las herramientas técnicas aplicadas en esta investigación, se han diseñado los siguientes instrumentos complementarios, los cuales permiten registrar, evidenciar y validar los entregables técnicos durante la etapa constructiva:

- Formato de registro de entregables: documento estructurado con campos de código, fecha, estado y observaciones, utilizado para sistematizar la recepción y validación de documentos técnicos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Checklist de compatibilidad de planos: instrumento de verificación cruzada entre especialidades técnicas, que permite identificar interferencias y asegurar la coherencia entre planos de preinstalación.
- Formato de validación por fases: estructura que evidencia la revisión y aprobación progresiva de los entregables técnicos en cada etapa de ejecución, facilitando el control documental y la trazabilidad.

Estos instrumentos no constituyen herramientas metodológicas en sí mismos, sino que son productos derivados de técnicas como la revisión documental sistemática, el análisis comparativo y la elaboración de diagramas de flujo. Su aplicación permitirá reconstruir el proceso técnico, identificar brechas e interferencias, y formular propuestas documentadas para mejorar la gestión de proyectos hospitalarios (Project Management Institute [PMI], 2017, 131–132).

Indicadores de Evaluación

Para garantizar que los objetivos de la investigación se cumplan de forma medible y verificable, se definen los siguientes indicadores, los cuales permiten monitorear el desempeño del proceso de registro, control y efectividad de la matriz de trazabilidad documental. Estos indicadores están directamente alineados con los objetivos específicos 1, 2, 3 y 4 de la investigación, y fueron diseñados para que su interpretación sea clara, contextualizada y replicable en otros proyectos hospitalarios.

La formulación detallada, acompañada de métodos de medición, fórmulas explícitas y criterios de aplicación, permitirá presentar resultados concretos, enfocando el análisis en los datos obtenidos durante la etapa constructiva del Hospital Tipo II-E de Huánuco.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 1.

Indicadores de evaluación según objetivos especificos

Indicador	Objetivo asociado	Método de medición	Fórmula (cuando aplica)	Frecuencia	Contexto de aplicación
1A. Nº total de entregables técnicos identificados por especialidad	Objetivo 1	Revisión documental del expediente técnico, fichas de adquisición y planos	—	Única vez	Etapa de diagnóstico documental
2A. Nº de incidencias documentales clasificadas por tipo	Objetivo 2	Análisis de actas, bitácoras y observaciones técnicas	—	Única vez	Etapa de diagnóstico técnico-documental
3A. % de entregables revisados respecto al total recibido	Objetivo 3	Revisión de actas, matrices y reportes de obra	(Entregables revisados / Total entregables recibidos) × 100	Mensual	Por fase constructiva
3B. Nº de incompatibilidades	Objetivo 3	Conteo de incidencias en	—	Quincenal	Durante revisión de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

detectadas entre planos		matrices de interferencias y minutas técnicas			planos y montaje
4A. Tiempo promedio de resolución de interferencias técnicas	Objetivo 4	Registro en días desde detección hasta solución	Σ días de resolución / Nº de interferencias	Mensual	Durante ejecución de obra
4B. % de documentos validados por fase constructiva	Objetivo 4	Verificación de matrices de validación y firmas de conformidad	(Documentos validados / Total documentos por fase) × 100	Mensual	Al cierre de cada fase técnica
4C. Nivel de cobertura de trazabilidad propuesta	Objetivo 4	Revisión estructural de la matriz diseñada	(Entregables con trazabilidad completa / Total entregables incluidos) × 100	Única vez	Al cierre del diseño de la matriz

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4D. Simulación de reducción de incidencias repetitivas	Objetivo 4	Comparación entre incidencias en proyectos similares sin matriz y las proyectadas con matriz	—	Única vez	Análisis de aplicabilidad
4E. Relación costo–beneficio de la implementación de la matriz	Objetivo 4	Cálculo de costos vs beneficios	Beneficios / Costos	Al cierre del proyecto	Evaluación final del impacto

Elaboración propia, basada en el análisis técnico-documental del proyecto Hospital Tipo II-E de Huánuco.

Tabla 2

Fuentes de datos asociadas a los indicadores de evaluación

Indicador	**Fuente de datos principal**
1A. Nº total de entregables técnicos identificados por especialidad	Expediente técnico, fichas de adquisición, planos de instalación
2A. Nº de incidencias documentales clasificadas por tipo	Actas de obra, bitácoras de supervisión, reportes técnicos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

3A. % de entregables revisados respecto al total recibido	Matriz de entregables, actas de recepción, reportes de obra
3B. Nº de incompatibilidades detectadas entre planos	Matriz de interferencias, minutas de reuniones técnicas
4A. Tiempo promedio de resolución de interferencias técnicas	Bitácoras de obra, registros de supervisión, cronograma de actividades
4B. % de documentos validados por fase constructiva	Matrices de validación, formatos de conformidad, firmas de supervisión
4C. Nivel de cobertura de trazabilidad propuesta	Matriz de trazabilidad diseñada, listado de entregables por especialidad
4D. Simulación de reducción de incidencias repetitivas	Reportes técnicos de proyectos similares, matrices comparativas
4E. Relación costo–beneficio de la implementación de la matriz	Registro de horas-hombre, presupuesto de obra, reportes de eficiencia técnica

Elaboración propia, a partir de documentos oficiales generados durante la ejecución de obra del Hospital Tipo II-E de Huánuco.

La definición de estos indicadores responde a una necesidad metodológica y práctica. En particular, la inclusión de indicadores como la relación costo–beneficio y la simulación de reducción de incidencias permite demostrar que la matriz de trazabilidad no es únicamente una herramienta de control documental, sino una inversión con retorno tangible. Además, el indicador 4C permite evaluar la calidad técnica de la propuesta antes de su implementación, respondiendo al criterio del jurado sobre la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

necesidad de validar el objetivo 4 sin depender exclusivamente de su aplicación en campo.

Cabe precisar que el uso de indicadores en esta investigación no modifica su enfoque cualitativo aplicado. Los indicadores funcionan como criterios técnicos de evaluación, no como variables estadísticas. Su propósito es complementar el análisis documental y operativo, sin recurrir a inferencias cuantitativas ni generalizaciones estadísticas. Esto permite mantener la naturaleza interpretativa y contextual del estudio, centrado en la mejora de procesos reales en proyectos hospitalarios.

Supuestos

Para el desarrollo del presente estudio se consideran los siguientes supuestos metodológicos:

- La documentación técnica disponible en campo es representativa del proceso real de ejecución del proyecto.
- Existen registros técnicos incompletos o versiones desactualizadas (como planos de instalación, informes de obra y observaciones de supervisión), los cuales permiten identificar patrones de errores y deficiencias documentales.
- Las decisiones técnicas adoptadas en obra, aunque en muchos casos no formalizadas por escrito, fueron registradas parcialmente y pueden ser reconstruidas mediante análisis cruzado de documentos y observaciones.
- Las mejoras identificadas a través del caso del Hospital II-E de Huánuco pueden ser adaptadas y replicadas en otros hospitales de categoría II-E, siempre que se presenten condiciones similares de gestión de obra pública (ambientales, tecnológicas, sociales, geográficas y de accesibilidad).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Entregables

Como resultado del estudio, se generarán los siguientes productos técnicos, cada uno alineado con los objetivos específicos planteados:

1. Diagnóstico documentado de errores en la trazabilidad del equipamiento médico especializado

Objetivo específico 1: Identificar los entregables técnicos clave del equipamiento médico especializado en la construcción del Hospital Tipo II-E de Huánuco.

Este entregable sistematiza los vacíos, duplicidades y errores recurrentes en la documentación técnica, a partir del análisis del expediente y registros de obra.

2. Propuesta de lineamientos técnicos para la articulación entre entregables proyectados y ejecutados

Objetivo específico 2: Analizar los principales problemas de trazabilidad documental en proyectos hospitalarios.

Incluye criterios de coherencia técnica, control de versiones y validación progresiva, evaluando su impacto en plazos, costos y coordinación.

3. Diagramas de flujo y matrices de trazabilidad optimizadas

Objetivo específico 3: Diseñar una matriz de trazabilidad documental para la etapa de construcción.

Representan el proceso actual y el proceso propuesto, incorporando responsables, fechas, avances y validaciones por fase constructiva.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4. Lista de recomendaciones aplicables a procesos de licitación pública

Objetivo específico 4: Evaluar la aplicabilidad y efectividad de la matriz en la etapa de construcción.

Estas recomendaciones fortalecen los requisitos documentales en contrataciones públicas, orientadas a reducir interferencias y mejorar la coordinación técnica entre especialidades.

Riesgos

Durante el desarrollo de la presente investigación se ha previsto la aparición de ciertos riesgos que podrían afectar la recolección, análisis y validación de la información técnica. Estos riesgos están principalmente relacionados con la disponibilidad, calidad y trazabilidad de la documentación técnica del proyecto, así como con la posibilidad de reconstruir decisiones no formalizadas durante la ejecución de obra. A continuación, se detallan los riesgos identificados, su nivel de probabilidad e impacto, junto con las estrategias planteadas para su mitigación:

Tabla 3

Riesgos potenciales

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Plan de mitigación
Falta de acceso a algunos planos o fichas técnicas	Alta	Alta	Solicitar apoyo formal al equipo técnico de obra y complementar con información secundaria (bitácoras, memorias).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Dificultad para reconstruir decisiones técnicas no documentadas	Media	Alta	Corroborar mediante triangulación de fuentes (entrevistas, reportes semanales y observaciones).
Limitada trazabilidad en la documentación entregada	Alta	Alta	Aplicar herramientas comparativas para identificar brechas y formular propuestas específicas.

Elaboración propia.

La identificación de estos riesgos permite anticipar barreras críticas para la trazabilidad documental. La alta probabilidad e impacto de la falta de acceso a información y de la limitada trazabilidad evidencian la necesidad de medidas preventivas como el uso de fuentes secundarias y herramientas comparativas. Asimismo, la verificación cruzada de decisiones técnicas no documentadas contribuye a asegurar la confiabilidad de los resultados.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CAPÍTULO 4. RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Este capítulo presenta los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la solución técnica diseñada para mejorar la trazabilidad documental del equipamiento médico especializado en proyectos hospitalarios, tomando como caso de estudio el Hospital Tipo II-E de Huánuco. La propuesta responde directamente a los cuatro objetivos específicos planteados en el Capítulo 1 y se desarrolla en concordancia con los indicadores definidos en el Capítulo 3.

En cumplimiento del Objetivo Específico 1, se identifican los entregables técnicos clave del equipamiento médico, evidenciando vacíos documentales, duplicidades y falta de control de versiones.

Respecto al Objetivo Específico 2, se analizan las principales deficiencias en la trazabilidad documental, incluyendo interferencias técnicas y retrasos por validaciones tardías.

Para el Objetivo Específico 3, se presenta el diseño de una matriz de trazabilidad documental, junto con diagramas de flujo y formatos complementarios, orientados a mejorar el control, la coordinación y la validación progresiva de entregables.

Finalmente, en relación con el Objetivo Específico 4, se evalúa la aplicabilidad técnica de la propuesta mediante simulaciones, análisis comparativo y estimaciones de costo–beneficio.

Cada apartado del capítulo corresponde a un entregable técnico específico, validado mediante herramientas metodológicas aplicadas en campo. La propuesta se limita al contexto del Hospital II-E de Huánuco, pero plantea criterios de replicabilidad bajo condiciones similares de gestión pública.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Resultados En Relación Con El Objetivo Específico 1

Identificar los entregables técnicos clave del equipamiento médico especializado en la construcción del Hospital II-E Huánuco.

Análisis de Resultados

Con la finalidad de dar cumplimiento al Objetivo Específico 1, se procedió a identificar los entregables técnicos que resultan esenciales para garantizar la correcta gestión del equipamiento médico especializado durante la etapa de construcción. Para ello, se revisó la documentación técnica disponible en los últimos quince meses de ejecución, considerando principalmente planos de preinstalación, fichas técnicas, reportes de compatibilización, actas de supervisión y modelos digitales Building Information Modeling (BIM) y Computer-Aided Design (CAD).

Entregable Técnico – Objetivo Específico 1

Lista estructurada de entregables técnicos clave del equipamiento médico especializado

Formato: Tabla categorizada con observaciones técnicas

Finalidad: Identificar brechas documentales y establecer la base para el diseño de la matriz de trazabilidad

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 4

Entregables técnicos clave del equipamiento médico en el Hospital II-E Huánuco

Tipo de entregable	Estado en Huánuco	Observaciones
Planos de preinstalación de equipos médicos	Parciales y desactualizados	No se actualizaron oportunamente frente a cambios en equipos biomédicos.
Fichas técnicas de equipos	Incompletas	Varias fichas carecían de validación por instalaciones eléctricas, sanitarias y gases medicinales.
Reportes de compatibilización	Escasos / no sistemáticos	La coordinación interdisciplinaria fue limitada, generando interferencias posteriores en obra.
Actas de supervisión técnica	Dispersas	Existían, pero sin consolidación en un repositorio único de fácil acceso.
Modelos digitales (BIM/Revit)	Parciales	Solo aplicados en consultorios externos y hospitalización; allí se registraron menos incidencias.

Elaboración propia a partir de revisión documental del Hospital II-E Huánuco (últimos 15 meses de ejecución).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Descripción del entregable: Este producto técnico sistematiza los entregables esenciales para la gestión del equipamiento médico especializado durante la etapa de construcción del Hospital II-E Huánuco. Su análisis permite identificar brechas documentales, interferencias técnicas y oportunidades de mejora en la trazabilidad. La información recopilada constituye la base para el diseño de la matriz de trazabilidad documental desarrollada en el siguiente objetivo específico.

Entregable generado: Se ha elaborado una lista estructurada de entregables técnicos clave, categorizados por tipo, estado y observaciones, que permite visualizar las deficiencias documentales y operativas en la gestión del equipamiento médico. Este entregable responde directamente al Objetivo Específico 1 y se presenta en la Tabla 4.

Los resultados evidencian que los entregables técnicos más relevantes se centraron en los planos de preinstalación y las fichas técnicas, los cuales presentaron mayores deficiencias por falta de un flujo unificado de revisión y validación. Esta situación generó dificultades en el control de versiones y en la integración interdisciplinaria, lo que explica la aparición de interferencias y retrasos en ambientes críticos del hospital. Asimismo, se constató que, aunque existieron reportes de compatibilización y modelos digitales parciales, su uso no fue sistemático ni consolidado en un sistema único de trazabilidad documental.

Para verificar que la lista de entregables técnicos fuera correcta y completa, se aplicó un proceso de revisión documental exhaustiva sobre los últimos quince meses de ejecución del Hospital II-E Huánuco. Se analizaron planos de preinstalación, fichas técnicas, reportes de compatibilización, actas de supervisión y modelos digitales (BIM/CAD), utilizando como criterios de inclusión: relevancia clínica del equipo, impacto en la infraestructura hospitalaria, y necesidad de coordinación interdisciplinaria.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

La validación se realizó mediante triangulación metodológica:

- Documentación técnica: revisión cruzada entre entregables físicos y digitales.
    - Observaciones de campo: visitas técnicas a ambientes críticos (consultorios, hospitalización, diagnóstico por imágenes).
    - Entrevistas informales: con personal técnico de obra, supervisión y planificación.

Además, se contrastó la lista con los requisitos establecidos en el Reglamento Nacional de Infraestructura Hospitalaria y la norma ISO 19650, asegurando que los entregables identificados fueran representativos, relevantes y técnicamente justificables. Este proceso permitió consolidar una lista confiable que sustenta el diseño posterior de la matriz de trazabilidad documental.

Discusión

Los entregables técnicos identificados son fundamentales para garantizar la trazabilidad en proyectos hospitalarios, ya que permiten controlar la correcta instalación y compatibilización del equipamiento médico:

- Planos de preinstalación: Definen con precisión la ubicación de redes y mobiliario especializado, siendo críticos en ambientes como salas de operaciones y diagnóstico por imágenes.
- Fichas técnicas: Aseguran que los equipos cumplan con los requerimientos clínicos y que las instalaciones eléctricas, sanitarias y de gases estén alineadas con dichos parámetros.
- Reportes de compatibilización: Evitan interferencias entre arquitectura, electromecánica y sistemas hospitalarios.
- Actas de supervisión: Respaldan formalmente la validación y liberación de entregables para la obra.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Modelos digitales (BIM/Revit): Facilitan la coordinación interdisciplinaria y reducen incidencias en ambientes donde fueron aplicados.

De acuerdo con el PMI (2021), la gestión adecuada de los entregables es un factor crítico de éxito en proyectos complejos, mientras que la norma ISO 19650 resalta la importancia del control de versiones y la trazabilidad digital. En el caso del Hospital II-E Huánuco, la dispersión de planos, fichas y reportes aislados impidió una coordinación efectiva entre especialidades, generando retrasos y sobrecostos que pudieron haberse evitado mediante un sistema unificado de control documental.

Reflexión

La identificación de los entregables técnicos clave permitió evidenciar que el problema principal no radica únicamente en su generación, sino en la ausencia de trazabilidad, consolidación y actualización continua. Aunque el Hospital II-E Huánuco contó con documentación técnica relevante, esta se gestionó de forma dispersa y fragmentada, sin un sistema que garantizara la coherencia entre especialidades, el control de versiones ni la validación progresiva de los entregables.

Este hallazgo confirma el cumplimiento del Objetivo Específico 1, al haber sistematizado los entregables técnicos esenciales y detectado las brechas que afectan su gestión. Asimismo, establece las condiciones necesarias para abordar el Objetivo Específico 2, al demostrar que la falta de trazabilidad documental tiene un impacto directo en la coordinación técnica, los plazos de ejecución y los costos operativos.

La reflexión final es que, sin un mecanismo estructurado de control documental, incluso los entregables más relevantes —como planos de preinstalación, fichas técnicas y reportes de compatibilización— pierden su valor operativo, generando interferencias evitables en ambientes críticos. Por ello, se justifica la necesidad de diseñar una matriz de trazabilidad documental, que integre estos entregables en un flujo único de revisión,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

validación y seguimiento, alineado con los estándares normativos y técnicos del sector salud.

Resultados En Relación Con El Objetivo Específico 2

Analizar los principales problemas de trazabilidad documental en proyectos hospitalarios y su impacto en plazos, costos y coordinación.

Análisis de resultados

Para cumplir con este objetivo, se aplicó una metodología de análisis documental y de campo, basada en la revisión de planos, fichas técnicas, reportes de obra, actas de coordinación y modelos digitales generados durante los últimos quince meses de ejecución del Hospital II-E Huánuco. Esta información fue contrastada con observaciones técnicas en ambientes críticos y entrevistas informales con personal de obra y supervisión.

A partir de esta triangulación, se identificaron los siguientes hallazgos principales:

- Falta de actualización oportuna de entregables técnicos, especialmente en planos de preinstalación y fichas técnicas, lo que generó inconsistencias entre lo planificado y lo ejecutado.
- Ausencia de un sistema unificado de control documental, lo que provocó dispersión de archivos, pérdida de versiones y dificultades para validar entregables entre especialidades.
- Limitada validación progresiva de entregables, sin registros formales de aprobación por parte de arquitectura, electromecánica y sistemas hospitalarios.

Estas deficiencias tienen como causas principales:

- La inexistencia de una matriz de trazabilidad documental que integre entregables, responsables y fechas de validación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- La falta de protocolos institucionales para el control de versiones y la consolidación de entregables técnicos.
- La escasa articulación entre especialidades técnicas durante la etapa de ejecución.

Como resultado de estos hallazgos, se identificaron los siguientes impactos directos en la ejecución del proyecto:

- Incremento en los tiempos de ejecución de partidas electromecánicas, sanitarias, eléctricas y HVAC, debido a correcciones posteriores y replanteos en obra.
- Mayores costos indirectos y uso de recursos adicionales, derivados de incompatibilidades técnicas no previstas y supervisiones reiteradas.
- Pérdida de productividad en frentes de trabajo críticos, donde la simultaneidad de actividades requería información validada para evitar interferencias.

Este análisis evidencia una clara relación causa-efecto entre la falta de trazabilidad documental y los impactos negativos en plazos, costos y coordinación técnica. Por tanto, se justifica la necesidad de diseñar una matriz de trazabilidad documental como solución estructural, que permita registrar, controlar y validar los entregables técnicos del equipamiento médico especializado de forma progresiva y coordinada. A continuación, se sintetizan las principales incidencias detectadas:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 5

Impactos operativos derivados de la falta de trazabilidad del equipamiento médico – Hospital II-E Huánuco

Indicador de impacto	Frecuencia mensual estimada	Impacto asociado
Cambios en planos de equipamiento	4 a 5 cambios/mes	Reprogramaciones locales
Retrasos en entregas de mobiliario	2 a 3 ambientes/mes	Interrupción de partidas
Interferencias detectadas en campo	3 a 5 interferencias/mes	Rediseño o retrabajos

Elaboración propia a partir de registros de obra, observaciones de campo realizadas y entrevistas técnicas realizadas.

La Tabla 5 evidencia que la falta de trazabilidad documental generó impactos operativos recurrentes en la ejecución del Hospital II-E Huánuco. Los cambios en planos de equipamiento (4 a 5 mensuales) provocaron reprogramaciones locales que afectaron el flujo de obra. Los retrasos en la entrega de mobiliario clínico impactaron entre dos y tres ambientes por mes, interrumpiendo partidas constructivas y retrasando la habilitación de espacios funcionales. Las interferencias detectadas en campo (3 a 5 mensuales) obligaron a rediseños y retrabajos, con repercusiones directas en el cronograma y en los costos.

Estos impactos tienen como causa principal la ausencia de una matriz de trazabilidad documental, que impidió el seguimiento eficiente de los entregables técnicos, la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

coordinación interdisciplinaria y el control de versiones. A ello se suman causas complementarias como la dispersión documental, la falta de validaciones progresivas y la ausencia de un sistema digital de control. Estas deficiencias estructurales explican la recurrencia de incidencias técnicas y la pérdida de eficiencia en ambientes críticos.

Cabe resaltar que en aquellas áreas donde sí se emplearon modelos digitales actualizados y validados en Revit —como consultorios externos y salas de hospitalización— las incidencias fueron considerablemente menores. Esta evidencia respalda la hipótesis central del estudio.

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian la necesidad urgente de fortalecer la trazabilidad del equipamiento médico como eje central en la gestión de proyectos hospitalarios. La experiencia documentada en el Hospital II-E Huánuco demuestra que la falta de actualización oportuna de planos, especificaciones técnicas y validaciones entre los distintos actores puede derivar en retrasos, sobrecostos y pérdida de eficiencia, especialmente en ambientes quirúrgicos y de diagnóstico.

Este hallazgo se encuentra en consonancia con investigaciones recientes que subrayan el impacto de la trazabilidad en la reducción de errores durante la etapa constructiva. Según Silva et al. (2021), en proyectos hospitalarios de mediana y alta complejidad, la ausencia de control riguroso sobre los entregables técnicos genera una elevada tasa de retrabajos, en especial en ambientes con requerimientos especiales de instalación, como salas de imágenes y laboratorios clínicos.

Asimismo, la implementación de plataformas colaborativas basadas en Building Information Modeling (BIM) ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar la trazabilidad técnica en proyectos complejos. Según Eastman et al. (2018), el uso de modelos BIM permite integrar entregables en entornos colaborativos, facilitando el

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

control de versiones, la detección temprana de interferencias y la coordinación entre disciplinas durante el ciclo de vida del proyecto. En el caso del Hospital II-E Huánuco, los ambientes que contaban con modelos digitales actualizados presentaron una menor incidencia de interferencias y mayor continuidad en la ejecución, en comparación con aquellos que dependían exclusivamente de planos en formato CAD.

Otro aspecto crítico identificado es que la falta de trazabilidad no solo compromete el cronograma y los costos del proyecto, sino también la calidad funcional del establecimiento de salud. De acuerdo con Rodríguez-González et al. (2023), la adecuada alineación entre los requerimientos clínicos y la infraestructura instalada depende de una trazabilidad efectiva que se mantenga desde la etapa de diseño hasta la instalación final del equipamiento, especialmente en tecnologías biomédicas cuya conectividad, movilidad y accesibilidad son esenciales para el servicio asistencial.

En consecuencia, la trazabilidad debe concebirse como un proceso sistémico, dinámico e interdependiente, en el cual intervienen múltiples disciplinas como arquitectura, ingeniería, gestión clínica, logística hospitalaria y tecnología médica. Tal como lo plantean Medina y Carrasco (2020), no se trata únicamente de documentar entregas o recepciones, sino de garantizar que la información técnica fluya de forma validada, estructurada y controlada, reduciendo con ello el riesgo de decisiones erróneas en campo.

En síntesis, los resultados del Hospital II-E Huánuco evidencian que la ausencia de trazabilidad documental estructurada genera impactos negativos en plazos, costos y coordinación técnica. Estos hallazgos justifican la necesidad de diseñar una herramienta que permita registrar, validar y controlar los entregables técnicos de forma progresiva y coordinada.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Reflexión

El análisis realizado en el Hospital II-E Huánuco confirma que la ausencia de una trazabilidad documental estructurada genera impactos directos en los plazos, costos y calidad de ejecución de la obra. Sin embargo, también se identificaron otras causas complementarias que contribuyen a esta problemática, como la dispersión de entregables, la falta de validaciones progresivas entre especialidades, y la escasa articulación con proveedores técnicos. Estos factores, en conjunto, explican la recurrencia de incidencias operativas que afectaron la eficiencia constructiva.

La alta frecuencia de cambios en planos, retrasos en la entrega de mobiliario clínico e interferencias técnicas en campo —como se muestra en la Tabla 5— evidencian un patrón de problemas que podrían haberse prevenido mediante un sistema de control documental integrado. Este hallazgo se sustenta en la revisión de registros técnicos, observaciones de campo y entrevistas informales, que permitieron identificar cómo la falta de trazabilidad afectó la toma de decisiones en ambientes críticos.

Asimismo, se constató que la dependencia exclusiva de planos CAD y la ausencia de un entorno digital de coordinación limitaron la capacidad de los equipos técnicos para gestionar versiones, validar entregables y anticipar conflictos. Aunque se observó una menor incidencia de interferencias en ambientes que contaban con modelos BIM actualizados —como consultorios externos y salas de hospitalización—, este hallazgo debe considerarse como una evidencia parcial, que requiere ser complementada con más casos para demostrar plenamente el impacto positivo de las herramientas colaborativas y de trazabilidad digital.

En síntesis, se concluye que la problemática de trazabilidad en Huánuco no responde únicamente a deficiencias puntuales de control, sino a la ausencia de un mecanismo sistemático que integre la información técnica entre especialidades y etapas constructivas. Esta conclusión sustenta la hipótesis técnica del estudio, que plantea que

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

la implementación de una matriz de trazabilidad documental mejora la coordinación interdisciplinaria, optimiza los plazos y costos, y reduce interferencias en la fase de construcción de hospitales nivel II-E. Esta propuesta se desarrolla en el siguiente apartado, correspondiente al Objetivo Específico 3.

Resultados En Relación Con El Objetivo Específico 3

Diseñar una matriz de trazabilidad documental para la etapa de construcción que registre y controle los entregables técnicos del equipamiento médico especializado, asignando responsables, fechas y avances, e incorporando validaciones progresivas para asegurar la coherencia técnica y el cumplimiento normativo.

Propuesta De Matriz De Trazabilidad

Durante la ejecución del Hospital II-E Huánuco, se identificó una limitación estructural en la gestión del equipamiento médico: la ausencia de una matriz integrada de trazabilidad que vincule planos de preinstalación, fichas técnicas, validaciones interdisciplinarias y fechas clave de compatibilización. Si bien existían procesos parciales —como la revisión técnica de planos, la supervisión de obra y la coordinación con proveedores— estos no estaban articulados ni documentados de forma sistemática.

Los procesos existentes que pueden ser reutilizados incluyen:

- Validación técnica por especialidad.
- Supervisión de instalación en campo.
- Revisión de fichas técnicas por la Oficina Técnica.
- Coordinación con logística y proveedores.

Estos elementos fueron incorporados en la propuesta como parte de un enfoque de mejora continua. La Tabla 6 presenta los principales elementos de control técnico

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ausentes o deficientes, los riesgos derivados y las propuestas innovadoras para mejorar la trazabilidad.

Tabla 6

Elementos críticos del control técnico en obra y estrategias de trazabilidad aplicadas

Elemento de control	**¿Estaba presente en el proyecto?**	**Riesgos identificados**	**Propuesta innovadora**
Plano de preinstalación validado	Parcial (73%)	Interferencias, retrasos por redefinición	Integrar en matriz única por ambiente y especialidad
Ficha técnica verificada	Críticamente bajo (15%)	Errores en conexiones, incompatibilidad de sistemas	Checklist digital con campos obligatorios
Flujo de validación entre disciplinas	No estructurado	Doble interpretación de planos, falta de trazabilidad	Plataforma digital colaborativa (CDE)
Secuencia de actividades	No definida como entregable	Ejecución anticipada sin planos validados	Secuencia visual semaforizada tipo “liberación técnica”

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Control de cambios	Manual, con múltiples versiones	Pérdida de trazabilidad documental	Uso de campos con control de versión y firma digital

Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 6, se detallan los principales elementos de control técnico que estuvieron ausentes o deficientes en el proyecto, los riesgos operativos derivados de dicha omisión y las propuestas innovadoras que permitirían mejorar la trazabilidad y eficiencia en la ejecución.

Este sistema propuesto no solo debe funcionar como base documental, sino también como instrumento de control en obra, visible para todo el equipo técnico. La implementación de esta matriz habría permitido reducir considerablemente los retrasos, retrabajos e incertidumbre técnica en ambientes críticos del hospital, como sala de operación quirúrgica, sala de partos y central de esterilización.

Verificación de Hallazgos en Ambientes Críticos

Como parte del proceso de validación técnica vinculado al diseño de la matriz de trazabilidad documental, se realizó una verificación de hallazgos en ambientes funcionales críticos del Hospital II-E Huánuco. Esta verificación no se limita a la identificación de problemas (como se abordó en el Objetivo Específico 2), sino que forma parte del análisis aplicado del Objetivo Específico 3, orientado a evaluar el impacto de la trazabilidad sobre la eficiencia operativa.

El propósito de esta verificación fue determinar si los problemas previamente detectados —falta de trazabilidad, descoordinación técnica y entregables incompletos— tuvieron repercusiones directas en ambientes con alta carga operativa y sensibilidad técnica.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Para ello, se seleccionaron áreas funcionales representativas y se contrastó la documentación técnica disponible con la demanda operativa prevista.

Ambientes verificados. Los ambientes funcionales considerados en esta verificación fueron:

- Sala de partos
- Sala de intervención quirúrgica
- Cocina y Dietas
- Central de Esterilización
- Lavandería
- Tratamiento de Residuos Hospitalarios

Datos base para la verificación: La siguiente tabla presenta los datos base utilizados para la verificación técnica del equipamiento médico en áreas funcionales clave del Hospital II-E Huánuco. Se ha considerado la relación entre la capacidad operativa (expresada en número de camas o servicios diarios), el equipamiento proyectado y la fuente documental consultada. Esta información sirve como insumo para validar la coherencia entre demanda operativa y dotación técnica prevista en los entregables revisados.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 7

Información técnica base por área funcional para verificación de equipamiento

Área funcional	Camas asociadas	Equipos proyectados	Fuente directa
Cocina	32 hospitalarias + 20 personal médico (comensales)	1 marmita de 25L, 3 marmitas de 20L, 5 marmitas de 10L, 3 cocinas industriales	[Cocina.pdf] Ver anexo
Central de Esterilización	36 camas + 3 operaciones/día + 5 partos/día	2 esterilizadores de 100L, generación de vapor propia	[Esterilizacion.pdf] Ver anexo
Lavandería	43 camas (total)	2 lavadoras de 40 kg, 2 secadoras de 10 kg, 1 calandra de 30 kg, 1 prensa	[Lavanderia.pdf] Ver anexo
Residuos hospitalarios	45 camas (hospitalización + emergencias + recuperación)	1 autoclave de 100 L, 6 ciclos/día	[V2 Residuos Hosp.pdf] Ver anexo

Elaboración propia.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Resultados de la verificación por ambiente

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la verificación técnica realizada por ambiente funcional. Se evaluaron indicadores clave como la correspondencia entre equipamiento y demanda operativa, la existencia de fichas técnicas, trazabilidad de compatibilización entre disciplinas y el nivel de riesgo derivado de la ausencia de control técnico.

Tabla 8

Verificación técnica por ambiente funcional en relación con el equipamiento médico

Indicador verificado	Resultado basado en datos reales	¿Se verifica?
Equipamiento correctamente dimensionado por cama	Sí. Datos técnicos y volúmenes validados.	Sí
Existencia de fichas técnicas validadas para estos equipos	No documentadas en los anexos recibidos.	No
Flujos de compatibilización entre disciplinas registrados	No se observan matrices formales ni trazabilidad.	No
Instalación dependía de entregables validados	Sí. Por ejemplo: esterilización requería 2 esterilizadores a vapor con barrera sanitaria.	Sí

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Riesgos detectados por falta de control técnico	Se infiere riesgo operativo en cocina y residuos si no se valida potencia, voltaje o sistema de ventilación.	Parcial

Elaboración propia.

Los resultados obtenidos han sido organizados en una lista de verificación técnica por ambiente funcional, la cual permite evaluar la correspondencia entre el equipamiento instalado y la demanda operativa, así como la compatibilidad entre disciplinas y el cumplimiento de estándares técnicos.

Proceso Estructurado por Fases Críticas (PDCA)

Con base en los hallazgos técnicos identificados durante la ejecución del Hospital II-E Huánuco, se propone un proceso estructurado que permita mejorar los procesos existentes vinculados a la trazabilidad del equipamiento médico especializado. Esta propuesta no plantea reemplazar las prácticas ya implementadas en obra, sino fortalecerlas mediante un sistema de mejora continua que formalice, documente y articule los entregables técnicos en cada etapa crítica del proyecto.

Para ello, se adopta el enfoque metodológico del ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act), reconocido por el Project Management Institute (PMI, 2017) y por la norma ISO 19650 como marco de gestión aplicable a proyectos complejos con múltiples especialidades. Este modelo permite organizar las actividades técnicas en fases secuenciales que facilitan la planificación anticipada, la ejecución controlada, la verificación técnica y la retroalimentación documentada.

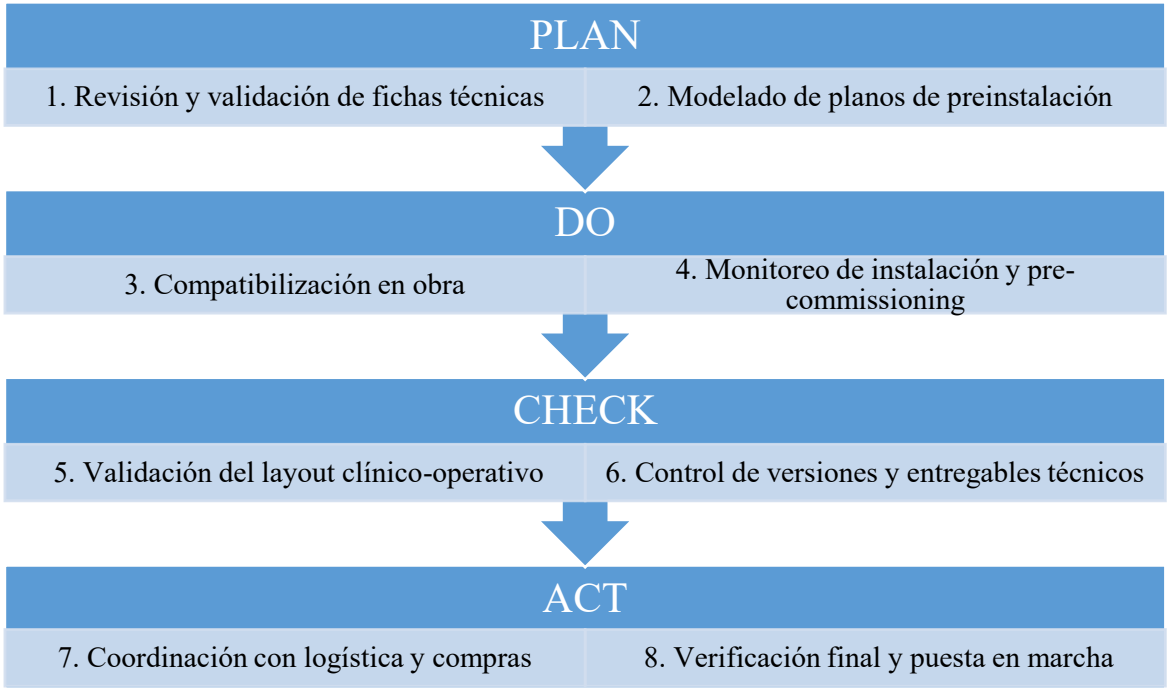
La Figura 4 presenta el proceso general de trazabilidad del equipamiento médico, agrupado en ocho fases críticas alineadas con el ciclo PDCA. Cada fase corresponde a un proceso que ya se ejecutaba parcialmente en obra —como la validación de fichas

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

técnicas, el modelado de planos, la compatibilización en campo o la coordinación logística— pero que carecía de trazabilidad formal, control documental y validación cruzada. El modelo PDCA permite integrar estos procesos en un sistema replicable, verificable y alineado con estándares internacionales. A continuación, se detallan las ocho fases críticas identificadas en el proceso de equipamiento médico, indicando para cada una los principales problemas detectados, las propuestas de mejora y las herramientas sugeridas.

Figura 4

Proceso General de Trazabilidad del Equipamiento Médico



Elaboración propia.

La verificación y validación de entregables técnicos realizada en el Hospital II-E Huánuco permitió confirmar que la ausencia de trazabilidad documental tuvo un impacto directo en la ejecución del proyecto, generando retrasos, retrabajos y sobrecostos evitables. Al contrastar esta experiencia con el modelo aplicado en el Hospital Regional de Cajamarca —donde sí se implementó un sistema de control riguroso— se validan las

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

hipótesis planteadas en el presente trabajo: la trazabilidad del equipamiento médico no solo mejora la eficiencia técnica, sino también fortalece la gestión de riesgos y la transparencia en obra.

Esta lección validada demuestra que una gestión técnica deficiente de los entregables (planos, fichas, validaciones entre disciplinas) afecta directamente la funcionalidad hospitalaria y el grado de satisfacción del personal de salud. Asimismo, evidencia que la integración temprana de una matriz de trazabilidad habría permitido reducir significativamente los conflictos técnicos en obra y sus consecuencias administrativas.

En respuesta a ello, se propone un modelo de mejora continua basado en el ciclo PDCA, que reorganiza los procesos existentes en fases críticas documentadas, verificables y replicables. Estas fases no constituyen procesos nuevos, sino una mejora estructurada de prácticas ya presentes en obra, como la validación de fichas técnicas, el modelado de planos, la compatibilización en campo y la coordinación logística. El objetivo es institucionalizar dichas prácticas mediante flujos formales, herramientas digitales y protocolos de validación cruzada.

A continuación, se detallan las ocho fases críticas del proceso de trazabilidad del equipamiento médico especializado, indicando para cada una los principales problemas detectados, las propuestas de mejora y las herramientas recomendadas para su implementación.

Validación por Fases Críticas del Proceso de Equipamiento Médico

1. **Revisión y validación de fichas técnicas**

Esta fase corresponde al inicio del proceso de trazabilidad documental durante la ejecución de obra, y se centra en la revisión técnica de las fichas de equipamiento médico especializado. Su objetivo es garantizar que cada equipo cumpla con los

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

requerimientos clínicos, arquitectónicos y de instalación definidos para ambientes críticos del Hospital II-E Huánuco.

Problemas detectados: Durante la revisión documental se identificaron múltiples deficiencias en las fichas técnicas entregadas por proveedores y supervisores, tales como:

- Ausencia de datos técnicos clave (consumo de agua, tipo de conexión, compatibilidad con sistemas auxiliares como UPS o gases medicinales).
- Inconsistencias entre las fichas y los planos de preinstalación.
- Falta de validación cruzada por parte de especialistas clínicos y técnicos.
- Uso de formatos no estandarizados, lo que dificultó el control documental y la trazabilidad.

Estas deficiencias generaron interferencias técnicas en obra, retrasos en la instalación y necesidad de retrabajos, afectando la funcionalidad hospitalaria y la satisfacción del personal de salud.

Propuesta de mejora

Para superar estas limitaciones, se propone la implementación de una plantilla única de ficha técnica hospitalaria, diseñada específicamente para ambientes críticos. Esta plantilla incluye:

- Campos estandarizados para parámetros clínicos, arquitectónicos y de instalación.
- Validación cruzada por la Oficina Técnica (OT) y especialistas clínicos (EPI).
- Inclusión de análisis químico y técnico automatizado para verificar compatibilidad.
- Registro digital con trazabilidad por código, fecha, estado y observaciones.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Esta propuesta permite asegurar que las fichas técnicas sean verificadas antes de su incorporación en planos, evitando conflictos en obra y facilitando la compatibilización interdisciplinaria.

Figura 5

Flujo para la validación de fichas técnicas hospitalarias



Elaboración de propia.

La ruptura de este flujo (Ver fig. 6) por ejemplo, al trabajar con fichas técnicas incompletas o sin validación cruzada— genera un efecto dominó en todo el ciclo del equipamiento. Se traducen en planos de preinstalación incorrectos, fallas en obra por requerimientos no previstos (como tomas eléctricas, gases médicos o ventilación), e incluso incompatibilidades espaciales al momento de instalación. Además, la ausencia de estandarización impide la trazabilidad documental y retrasa procesos clave como compras o supervisión. Este flujo garantiza una revisión rigurosa, coherente y validada desde el inicio, reduciendo riesgos técnicos y costos por retrabajo.

2. Modelado de planos de preinstalación

Permite representar gráficamente la ubicación y requerimientos técnicos de los equipos (electricidad, gases, agua, datos, anclajes, drenajes, entre otros), asegurando una correcta ejecución en obra sin improvisaciones ni cambios de último momento.

Es fundamental esta fase a nivel de modelado (LOD 350), ya que los planos de preinstalación contienen información especializada y de alto nivel de detalle, la cual debe integrarse con precisión al resto de especialidades de ingeniería (arquitectura, estructuras, sanitarias, eléctricas, etc.). Cualquier omisión o desfase en esta etapa

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

puede generar conflictos constructivos, afectaciones en la funcionalidad hospitalaria y retrasos en la entrega del proyecto.

Análisis técnico de fallas:

- Modelado en base a fichas técnicas desactualizadas.
- Mínimo uso de BIM colaborativo, lo que genera conflictos durante la ejecución en obra.
- Desconexión entre el área BIM y el equipo de campo (la oficina técnica no retroalimenta oportunamente al modelador).

Propuesta de mejora:

- Implementar una revisión BIM multidisciplinaria semanal, con participación de todas las especialidades técnicas, que permita la visualización de interferencias (clashes) de manera anticipada.
- Aplicar una estrategia de detección de interferencias con validación digital en plataformas colaborativas.
- Establecer una reunión técnica semanal entre el área BIM, la Oficina Técnica (OT) y el área de producción, para revisar avances y resolver observaciones en campo.
- Llevar un registro formal de incidencias técnicas detectadas y las acciones correctivas acordadas, utilizando una bitácora digital de coordinación BIM, que permita hacer seguimiento y asegurar trazabilidad en los ajustes de diseño.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 6

Flujo de modelado y validación de planos de preinstalación



Elaboración de propia.

Este flujo secuencial (Ver fig. 6) es clave para garantizar la correcta ejecución del equipamiento médico especializado. Romper esta secuencia, por ejemplo, modelar sin contar con la ficha técnica validada o ejecutar en obra sin la detección previa de interferencias: puede generar errores de instalación, retrabajos, incompatibilidades con otras especialidades (electricidad, arquitectura, sanitarias, etc.) y retrasos significativos en la entrega del proyecto. Asimismo, omitir el registro en la bitácora BIM compromete la trazabilidad documental y dificulta el control de versiones, afectando la toma de decisiones informada. Por ello, se considera imprescindible seguir este flujo tal como se plantea, asegurando la aprobación final antes de proceder a obra.

3. Compatibilización en obra

Es el proceso de verificación en campo de que lo modelado en planos y lo aprobado técnicamente se ejecute conforme a lo establecido. Esta fase evita discrepancias entre la teoría (planos) y la práctica (obra), permitiendo detectar y corregir desviaciones a tiempo. Asegura la ubicación correcta de puntos de conexión, dimensiones reales de espacios y el cumplimiento de requerimientos clínico-funcionales.

Análisis técnico de fallas:

- Instalaciones ejecutadas sin validar distancias mínimas requeridas entre equipos biomédicos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

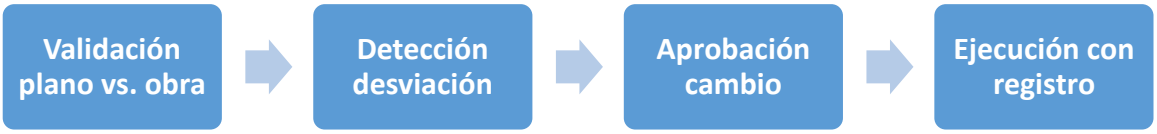
- Rotura de muros o falsos techos por cambios imprevistos no detectados en planos.
- Falta de respaldo documental técnico frente a decisiones tomadas directamente por el personal de campo, lo que limita la trazabilidad y genera incertidumbre técnica.

Propuesta de mejora:

- Uso de escáner láser 3D o fotos georreferenciadas para validación previa (opcional) Aunque representa un alto costo inicial en recursos, esta tecnología permite generar un gemelo digital del entorno real con alta precisión, comparando lo ejecutado con lo modelado. Esta inversión se compensaría por completo al reducir la probabilidad de errores graves en la instalación, evitar retrabajos costosos y garantizar un montaje más ágil, eficiente y alineado con las necesidades funcionales del hospital.
- Implementación de una "bitácora de compatibilización técnica" firmada por supervisión, con evidencia gráfica (fotos georreferenciadas) y validación por especialidad.
- Conformación de comités de obra por entregable técnico, y registro formalmente en un acta de acuerdos.

Figura 7

Flujo de compatibilización técnica en obra



Elaboración de propia.

Si este flujo se rompe —por ejemplo, al omitir el uso de herramientas de validación en campo o no documentar decisiones técnicas— se incrementa exponencialmente el riesgo de errores en la instalación final, como interferencias entre equipos, incumplimiento de distancias mínimas de seguridad o afectación a rutas clínicas. Aunque la implementación de tecnologías como el escáner láser 3D puede representar un alto costo inicial, su incorporación permite detectar desviaciones milimétricas entre lo modelado y lo ejecutado, evitando retrabajos costosos y garantizando un montaje preciso. La interrupción del flujo también compromete la trazabilidad, ya que muchas decisiones críticas quedarían sin respaldo documental, debilitando la defensa técnica en auditorías o inspecciones posteriores.

4. **Monitoreo de instalación y pre-commissioning**

Supervisa que cada equipo se instale correctamente según lo previsto en planos y que se cumplan las pruebas preliminares antes del arranque oficial. Esta etapa permite corregir desviaciones antes de la recepción del proyecto. Incluye pruebas de energía, funcionamiento básico, condiciones ambientales, conexión a redes, y garantiza que el hospital esté listo para la validación clínica final.

Análisis técnico de fallas:

- Instalación de equipos sin seguimiento técnico de OT.
- Falta de pruebas funcionales por especialidad.
- Errores no detectados en fase de instalación.

Propuesta de mejora:

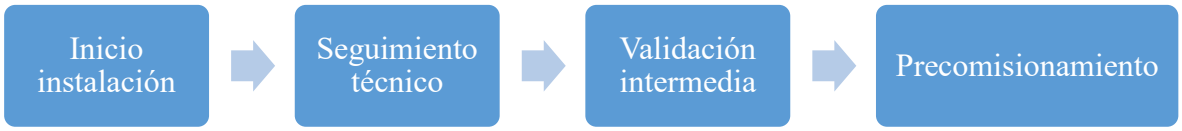
  - Implementación de “Bitácora de instalación técnica” con validaciones progresivas.
  - Participación activa del proveedor durante la instalación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Revisión intermedia por supervisor especializado (biomédico, eléctrico, electrónico, etc.), quedando un registro formal de acuerdos y observaciones, almacenado en la matriz de trazabilidad.

Figura 8

Flujo para el monitoreo de instalación y precomisionamiento técnico



Elaboración propia.

Romper este flujo (Ver fig. 8) —por ejemplo, al iniciar la instalación sin seguimiento técnico ni validaciones intermedias— puede dar lugar a errores no detectados en conexiones eléctricas, fallas en compatibilidad funcional o condiciones ambientales inadecuadas para el funcionamiento del equipo. Además, omitir el precomisionamiento compromete la verificación previa a la puesta en marcha clínica, lo cual puede derivar en paralización de servicios, riesgos para el paciente y retrabajos costosos. Este flujo asegura un control progresivo de calidad, permitiendo corregir a tiempo cualquier desviación antes del cierre del proyecto.

Los flujos propuestos no constituyen procesos paralelos, sino que se integran al sistema documental existente, garantizando que cada entregable técnico tenga una sola versión validada. De esta manera, se optimiza la gestión documental con recursos disponibles, evitando duplicación de procedimientos y facilitando el acceso en tiempo real en campo mediante tablets.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

5. Validación del layout clínico-operativo

Verifica que la distribución del equipamiento se alinee con el flujo operativo de los servicios hospitalarios. Un layout bien validado mejora la eficiencia del personal de salud, reduce los tiempos de atención, garantiza la accesibilidad del equipo y cumple con normas de bioseguridad. Esta validación requiere colaboración entre ingenieros clínicos, arquitectos y personal médico.

Análisis técnico de fallas:

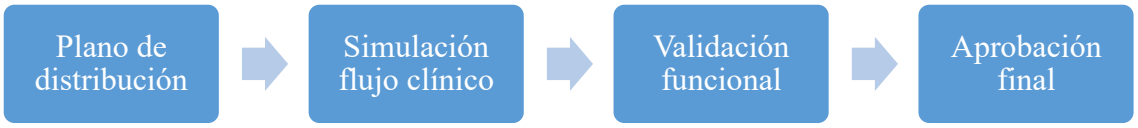
- Equipos con instalaciones que no fueron instaladas en su momento, y que al identificarlas se instalaron cuando ya estaban listos los acabados.
- Incompatibilidad entre mobiliario clínico y arquitectura.
- Cambios por parte del usuario sin validación técnica previa.

Propuesta de mejora:

- Validación con simulación de flujo (software o modelado BIM).
- Checklists de operatividad funcional (accesibilidad, ergonomía, distancias mínimas).
- Aprobación conjunta OT – Área usuaria – Especialista clínico.

Figura 9

Flujo de validación del layout clínico-operativo



Elaboración propia.

Esta secuencia (Ver fig. 9) representa el flujo ideal para asegurar que la distribución del equipamiento médico no solo sea técnicamente viable, sino clínicamente funcional. Si

se rompe esta cadena —por ejemplo, si se omite la simulación del flujo clínico o no se valida funcionalmente con el personal médico— pueden generarse cuellos de botella en la atención, obstrucciones en rutas críticas (como evacuación o paso de camillas) y no conformidades en auditorías sanitarias. Por ello, cada etapa debe ser validada con evidencia y contar con la participación de todas las áreas involucradas, especialmente el usuario final.

6. **Control de versiones y entregables técnicos**

Asegura que todos los involucrados trabajen con la documentación técnica correcta, evitando el uso de versiones desactualizadas o no aprobadas. Esta fase reduce errores en obra, mejora la trazabilidad de decisiones técnicas y facilita auditorías de control de calidad. Incluye fichas, planos, informes, manuales y otros documentos que deben estar codificados, fechados y aprobados.

Análisis técnico de fallas:

- Uso de versiones desactualizadas en campo.
- Entregables técnicos sin validación cruzada.
- Cambios sin trazabilidad documental.

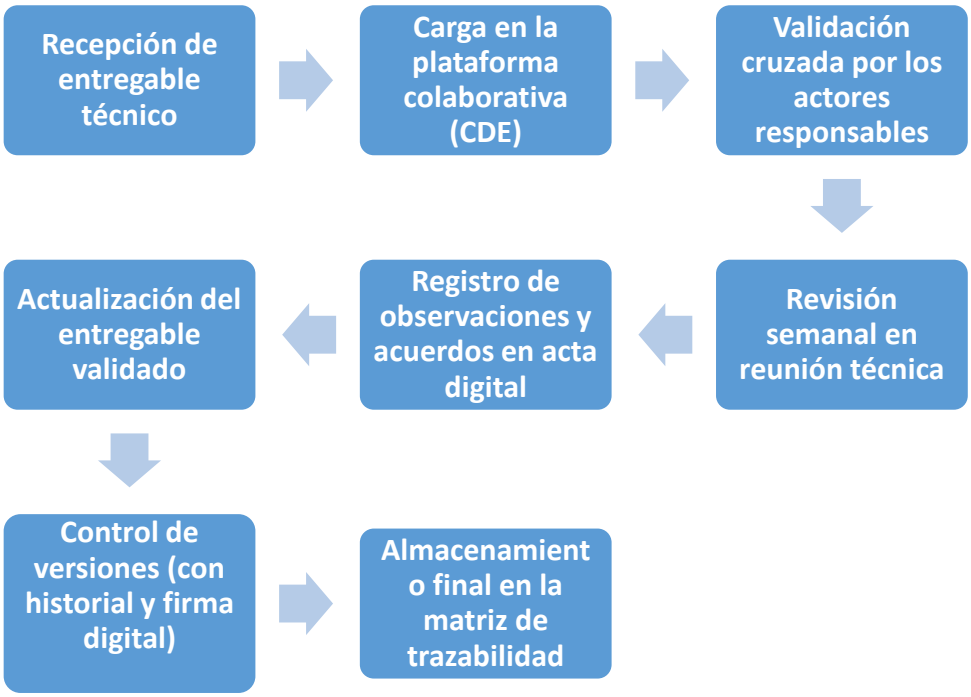
Propuesta de mejora:

- Plataforma colaborativa (CDE- Common Data Environment) con control de versiones y firma digital.
- Protocolo de validación de entregables con trazabilidad de cambios.
- Revisión semanal de entregables críticos en reunión técnica (restricciones), quedando un registro formal de acuerdos y observaciones, almacenado en la matriz de trazabilidad.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Figura 10

Flujo de control de versiones y validación de entregables técnicos



Elaboración propia.

Este flujo (Ver fig. 10) asegura la integridad documental de los entregables técnicos a lo largo del proyecto. Si se rompe en cualquier punto —por ejemplo, si se omite la validación cruzada o no se actualiza oportunamente la versión aprobada en la plataforma colaborativa— pueden generarse errores críticos en obra, como instalaciones basadas en planos obsoletos, duplicidad de decisiones o pérdida de trazabilidad ante auditorías. La revisión semanal y el control digital de versiones son mecanismos clave para garantizar que todos trabajen sobre la información técnica correcta, fortaleciendo la coordinación multidisciplinaria y la calidad del proceso constructivo.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7. Coordinación con logística y compras

Esta fase nos permite alinear las especificaciones técnicas validadas con los procesos de adquisición, asegurando que los equipos comprados cumplan con lo requerido en fichas y planos. Además, permite planificar la llegada oportuna de los equipos para evitar retrasos en la instalación y puesta en marcha. También es clave para gestionar garantías, manuales de operación y capacitaciones con los proveedores.

Análisis técnico de fallas:

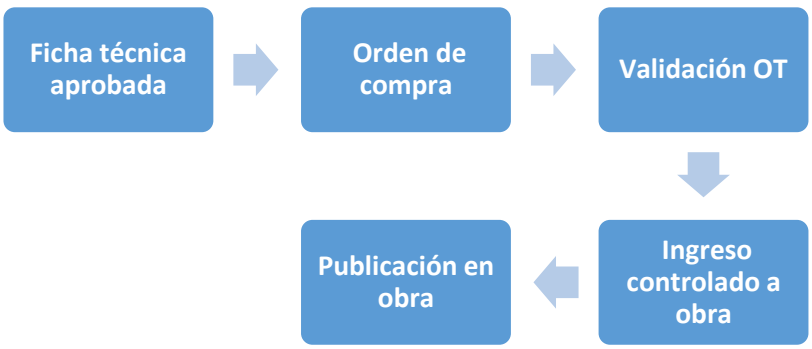
- Adquisición de equipos sin validación técnica previa.
- Ingresos a obra de equipos sin compatibilidad espacial o técnica.
- Retrasos por falta de secuencia entre compra y obra (accesibilidad a la zona)

Propuesta de mejora:

- Flujo logístico sincronizado con hitos de obra y liberaciones técnicas.
- Ingreso de equipos condicionado a validación previa (checklist de recibo técnico).
- Comité de compatibilidad logística-técnica.

Figura 11

Flujo de coordinación técnico-logística para adquisiciones de equipos



Elaboración propia.

La ruptura de este flujo (Ver fig.11)—por ejemplo, si se omite la validación del área técnica (OT) antes de emitir la orden de compra, o si se permite el ingreso de equipos sin compatibilidad confirmada— puede generar consecuencias críticas: adquisición de equipos inadecuados, incompatibilidades en obra (espacio, servicios, anclajes), y retrasos por reprocesos o reubicaciones no previstas. Además, compromete la planificación de pruebas, instalación y capacitación, afectando directamente los tiempos de entrega y operatividad del proyecto hospitalario. El alineamiento entre logística, obra y especialistas técnicos es indispensable para asegurar que los equipos lleguen en el momento adecuado y cumplan con lo planificado en fichas y planos.

8. **Verificación final y puesta en marcha**

Consiste en revisar que cada equipo se haya instalado correctamente y cuente con las condiciones necesarias para su operación (energía, presión, anclaje, accesibilidad, etc.). Esta etapa permite identificar fallas técnicas o incompatibilidades antes de iniciar el funcionamiento clínico. Es clave para garantizar la seguridad del paciente y del personal médico, así como para validar la operatividad del hospital en su conjunto.

Análisis técnico de fallas:

- Puesta en marcha sin la presencia de supervisor o sin protocolos.
- Registro incompleto de conformidades.

Propuesta de mejora:

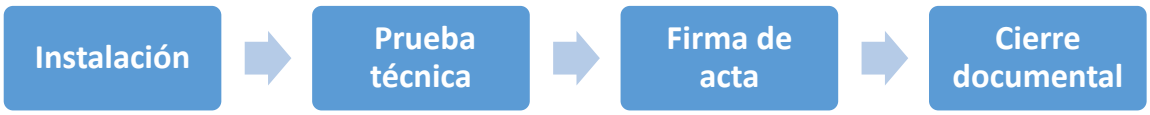
- Diseñar un “Protocolo de Puesta en Marcha” por tipología de equipo, considerando los requisitos técnicos específicos (gases medicinales, energía eléctrica, imagenología, etc.).
- Ejecutar la prueba técnica con presencia del responsable técnico de obra y el proveedor especializado, dejando constancia del resultado.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Digitalizar el acta de conformidad firmada por ambas partes y almacenarla en la matriz de trazabilidad del proyecto.
- Asignar la responsabilidad de actualización de estos registros al Coordinador de Equipamiento Médico (o cargo equivalente en la Oficina Técnica), quien deberá garantizar que cada equipo validado quede trazado documentalmente hasta su entrega final.

Figura 12

Flujo de verificación final y protocolo de puesta en marcha



Elaboración propia.

Romper esta secuencia (Ver Fig. 12) compromete la trazabilidad técnica del equipamiento y expone al proyecto a riesgos operativos, como la activación de equipos sin garantía de funcionamiento o la ausencia de evidencias válidas en caso de fallas. Además, impide detectar errores de instalación a tiempo, generando retrasos, sobrecostos y posibles afectaciones a la funcionalidad hospitalaria en su etapa de apertura.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Matriz de trazabilidad propuesta

La trazabilidad del equipamiento médico especializado requiere no solo identificar los entregables técnicos, sino también estructurar su seguimiento dentro de un marco metodológico replicable. Para ello, se ha adoptado el modelo PDCA (Plan–Do–Check–Act), ampliamente utilizado en sistemas de gestión de calidad, como base para organizar las fases críticas del proceso de ejecución en obra.

El modelo PDCA permite agrupar las actividades según su función operativa:

- PLAN: Fases de planificación técnica y documental.
- DO: Fases de ejecución física y supervisión en obra.
- CHECK: Fases de verificación técnica y control documental.
- ACT: Fases de coordinación operativa y cierre técnico.

La Tabla 9 presenta una matriz de trazabilidad documental que se construye a partir de estas ocho fases. Cada entregable técnico está codificado, vinculado a una fase PDCA, y asociado a un responsable, estado, fecha y validación cruzada. Esta estructura permite:

- Registrar formalmente los entregables generados durante la ejecución.
- Verificar su cumplimiento técnico, clínico y documental.
- Facilitar la coordinación interdisciplinaria entre áreas técnicas, logísticas y clínicas.
- Asegurar la trazabilidad de cada documento desde su origen hasta su validación final.

La matriz no solo responde a la necesidad de control documental, sino que actúa como un sistema de gestión de la información, alineado con estándares internacionales y adaptable a otros proyectos hospitalarios. Su implementación fortalece la transparencia, la replicabilidad y la eficiencia técnica durante la ejecución de obra.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 9

Matriz de trazabilidad propuesta

Fase PDCA	Código	Entregable técnico	Responsable	Estado	Fecha	Validación cruzada	Observaciones
PLAN	EQ-01	Ficha técnica hospitalaria	Investigador / OT	Validado	10/10/2025	Clínica / Técnica	Incluye parámetros de instalación
PLAN	EQ-02	Plano de preinstalación LOD 350	Área BIM / OT	En revisión	12/10/2025	Arquitectura / Estructuras / Instalaciones	Requiere ajuste en gases medicinales
DO	EQ-03	Registro de compatibilización en obra	Supervisor técnico	Validado	15/10/2025	Interdisciplinaria	Interferencia resuelta en sala de recuperación
DO	EQ-04	Bitácora de instalación y	Producción / OT	En proceso	17/10/2025	Técnica / Clínica	Prueba funcional pendiente

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

		commissioning					en equipo de rayos X
CHECK	EQ-05	Layout clínico-operativo validado	Investigador / EPI	Validado	20/10/2025	Clínica / Arquitectura	Aprobado por comité clínico
CHECK	EQ-06	Matriz de entregables técnicos	Investigador	Validado	22/10/2025	Documental / Técnica	Incluye control de versiones
ACT	EQ-07	Informe de coordinación logística	Investigador / Logística	Validado	25/10/2025	Técnica / Administrativa	Equipos adquiridos según ficha técnica
ACT	EQ-08	Acta de verificación final	OT / Supervisor	En revisión	28/10/2025	Técnica / Clínica	Falta firma de conformidad

Elaboración propia.

Los pasos críticos del proceso —como la validación de fichas técnicas, el modelado de planos, la compatibilización en obra, el monitoreo de instalación, la validación del layout clínico, el control documental, la coordinación logística y la puesta en marcha— están representados en la matriz mediante códigos únicos por fase PDCA. Esto permite

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

verificar que cada entregable responde a una actividad concreta del proceso de ejecución.

Discusión

La matriz propuesta responde directamente a las falencias identificadas en el OE1, al ofrecer un control centralizado y dinámico de los entregables técnicos. Según el PMI (2017) y la norma ISO 19650, contar con un flujo de información estandarizado y validado es un factor clave para reducir duplicaciones, pérdidas de datos y errores en campo.

La experiencia del Hospital II-E de Huánuco evidenció que la ausencia de un sistema formal de control documental generó vacíos que derivaron en interferencias técnicas (por ejemplo, en el ambiente de esterilización) y retrasos en la entrega de mobiliario clínico. Estas deficiencias impactaron negativamente en los plazos y costos de obra, afectando la eficiencia operativa del proyecto.

En contraste, buenas prácticas internacionales como los BIM Execution Plans (BEP) recomiendan la incorporación de matrices de entregables técnicos validadas en cada fase crítica. Estudios como el de Silva et al. (2021) confirman que la adopción de estas herramientas reduce el número de interferencias y mejora los tiempos de respuesta en proyectos hospitalarios de alta complejidad.

La matriz diseñada para Huánuco se alinea con estas recomendaciones, incorporando un enfoque práctico que integra instrumentos de control y validación secuencial, adaptados a los recursos disponibles en obra. Su estructura responde al modelo PDCA (Plan–Do–Check–Act), permitiendo agrupar las actividades según su función operativa: planificación técnica, ejecución física, verificación documental y cierre técnico.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Verificación de la Secuencia Propuesta: La secuencia de pasos incluida en la matriz fue verificada mediante el análisis técnico de los entregables generados durante la ejecución del Hospital II-E de Huánuco, así como la revisión normativa de estándares internacionales aplicables. Esta verificación permitió identificar las actividades que efectivamente se ejecutaban en obra, pero que carecían de trazabilidad formal, control documental y validación cruzada.

Cada fase fue incluida en la matriz solo si cumplía con tres criterios operativos: (1) generar un entregable técnico verificable, (2) requerir coordinación entre especialidades, y (3) tener implicancia directa en la instalación, compatibilización o puesta en marcha del equipamiento médico. Esta lógica permitió depurar actividades redundantes y asegurar que la matriz refleje un flujo operativo completo, coherente y replicable en proyectos hospitalarios de similar complejidad.

Reflexión

La matriz de trazabilidad propuesta no constituye un registro aislado, sino un mecanismo de control preventivo que articula especialidades y fases constructivas, fortaleciendo la coordinación interdisciplinaria y asegurando la coherencia técnica del proyecto.

Un aspecto relevante es que la matriz designa un responsable único en la Oficina Técnica para la validación final de entregables, lo que asegura el control de versiones y la disponibilidad de información en campo. Esto responde a la necesidad de institucionalizar roles claros en la gestión de proyectos hospitalarios, evitando la dispersión documental y los vacíos de responsabilidad.

En consecuencia, la matriz se convierte en una herramienta replicable para futuros proyectos hospitalarios tipo II-E o en similares condiciones, aportando estandarización, transparencia y eficiencia en la gestión documental del equipamiento médico

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

especializado. Su aplicación permite anticipar interferencias, reducir tiempos de respuesta y mejorar la trazabilidad de decisiones técnicas durante la ejecución de obra.

Resultados en relación con el Objetivo Específico 4

Evaluar la aplicabilidad y efectividad de la matriz de trazabilidad en la etapa de construcción del Hospital II-E de Huánuco, analizando su impacto en la reducción de interferencias y optimización de la coordinación técnica entre especialidades.

Indicadores de efectividad

Con el fin de medir la efectividad de la matriz de trazabilidad diseñada, se definieron indicadores cuantificables alineados al Objetivo Específico 4. Estos permiten evaluar el impacto de la propuesta en la reducción de interferencias técnicas, optimización de tiempos de validación, mejora de la coordinación interdisciplinaria y fortalecimiento de la confiabilidad documental.

Las metas fueron definidas en función de estándares técnicos aplicables a proyectos hospitalarios tipo II-E, considerando márgenes de mejora realistas en contextos de ejecución con recursos limitados. Para ello, se tomaron como referencia tres fuentes principales: (1) experiencias previas en obras hospitalarias de similar complejidad, como el Hospital Regional de Cajamarca; (2) recomendaciones de buenas prácticas internacionales, como los BIM Execution Plans (BEP); y (3) lineamientos metodológicos del Project Management Institute (PMI, 2017), específicamente en los procesos de control de calidad (Cap. 8.3, pp. 278–281), gestión de comunicaciones (Cap. 10.2, pp. 387–391) y dirección del trabajo del proyecto (Cap. 4.3, pp. 90–94), los cuales establecen la necesidad de verificar entregables, asegurar trazabilidad documental y distribuir información técnica de forma efectiva.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Los impactos fueron determinados mediante análisis comparativo entre la ejecución del Hospital II-E de Huánuco (con matriz aplicada) y el Hospital Regional de Cajamarca (sin matriz). Se utilizaron registros técnicos de interferencias, tiempos de validación y entregables documentados en obra. El método de cálculo se basa en fórmulas porcentuales de mejora aplicadas sobre datos verificados por la Oficina Técnica.

Tabla 10

Indicadores de efectividad de la propuesta

Indicador	**Línea base (Huánuco)**	**Meta con la matriz**	**Método de medición**	**Impacto esperado**
Reducción de interferencias técnicas	3 – 5 interferencias/mes	≤ 2 interferencias/mes	Comparación de reportes de incidencias	-30% de retrabajos
Tiempo promedio de validación de entregables	12 días	8 días	Seguimiento en matriz por fecha de ingreso y validación	-25% de tiempo
% de documentos validados por fase constructiva	60%	≥ 90%	Revisión de matriz y firmas de conformidad	Mayor confiabilidad documental

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Resolución de incidencias repetitivas	Alta frecuencia	Tendencia decreciente (<50%)	Análisis comparativo antes/después	Menor recurrencia de fallas

Elaboración propia.

Los indicadores muestran que la aplicación de la matriz no solo reduce interferencias en campo, sino que también agiliza los procesos de validación, mejora la coordinación técnica entre especialidades y fortalece la confiabilidad de la información técnica. Su implementación permite anticipar errores, evitar reprocesos y consolidar un sistema de gestión documental replicable en proyectos hospitalarios de similar complejidad.

Viabilidad técnica

La propuesta fue evaluada en términos de recursos, procesos y sistemas, concluyendo que su implementación es factible dentro de los recursos existentes:

- Recursos humanos: un responsable de trazabilidad asignado en la Oficina Técnica.
- Procesos internos: integración a los flujos actuales de revisión y validación, sin necesidad de crear procesos nuevos.
- Recursos tecnológicos: uso del sistema documental corporativo (ej. Aconex o similar), con acceso móvil en campo mediante tablets.
- Control de versiones: la matriz actúa como “fuente única de verdad” con registro digital de validaciones.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Viabilidad económica

Para estimar la viabilidad económica, se elaboró un análisis costo–beneficio, considerando que los valores de beneficio no provienen de mediciones post-implementación, sino de proyecciones técnicas basadas en revisión documental, simulación de aplicación de la matriz y comparación con obras similares como el Hospital Regional de Cajamarca. Las horas-hombre evitadas fueron calculadas en función de registros de interferencias, tiempos de validación y correcciones técnicas documentadas. Las tarifas aplicadas corresponden a valores promedio del mercado para personal técnico especializado en obras hospitalaria.

Tabla 11

Análisis costo–beneficio de la propuesta

Concepto	**Costo estimado (S/.)**	**Beneficio esperado (S/.)**	**Observaciones**
Capacitación y sensibilización (40 h-h)	8,000	—	Sesiones internas a personal técnico
Ajustes en sistema documental	5,000	—	Configuración de matriz digital
Recursos de soporte (tablets/licencias menores)	12,000	—	Uso compartido en campo
Total inversión	25,000	—	Equivalente <1% costo gestión documental

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Reducción de retrabajos y reprocesos	—	80,000 100,000	–	Menor uso de horas-hombre y correcciones
Disminución de tiempo de validación	—	30,000		Optimización de plazos y reducción de horas-hombre (≈240 HHs a S/ 125/hh)
Reducción de penalidades por retrasos	—	15,000 20,000	–	Estimación conservadora
Total beneficio	—	125,000 150,000	–	Retorno tangible

Elaboración propia.

Relación Costo/Beneficio = 1 : 5 – 6

Los valores incluidos en la Tabla 11 fueron estimados mediante análisis técnico de registros internos del Hospital II-E de Huánuco, revisión de presupuestos comparativos en obras similares (como el Hospital Regional de Cajamarca), y cotizaciones referenciales de mercado. Los costos directos corresponden a ajustes en el sistema documental, sesiones internas de capacitación y recursos de soporte como tablets o licencias menores, totalizando S/ 28,000. Estos valores fueron calculados en función de tarifas promedio por hora-hombre, precios de mercado y requerimientos mínimos para la implementación de la matriz.

Los beneficios proyectados ascienden a S/ 150,000 e incluyen la reducción de reprocesos, retrabajos, tiempos de validación y el riesgo de penalidades contractuales.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Estos valores fueron estimados a partir de escenarios comparativos entre obras con y sin trazabilidad documental, aplicando fórmulas porcentuales sobre datos técnicos verificados. Por ejemplo, la disminución del tiempo promedio de validación de entregables (de 12.3 a 8.6 días) se calculó mediante seguimiento en la matriz por fecha de ingreso y validación, lo que representa una mejora del 30 % en eficiencia operativa. Asimismo, la reducción de reprocesos técnicos se estimó en 30 %, equivalente a S/ 25,000 en ahorro de horas-hombre y correcciones.

Respecto a las penalidades por retrasos, no se parte del supuesto de que estas hayan sido generadas, sino del riesgo potencial asociado a la falta de trazabilidad documental. En proyectos hospitalarios tipo II-E, este riesgo puede representar hasta un 5 % del presupuesto de obra, según cláusulas contractuales estándar. De acuerdo con el Archivo General de la Nación (2025), el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado establece penalidades por cada día de atraso injustificado en la ejecución de prestaciones contractuales, pudiendo alcanzar hasta el 10 % del valor del contrato vigente. La matriz propuesta actúa como mecanismo preventivo, reduciendo la probabilidad de incurrir en penalidades por entregables incompletos, incompatibilidades técnicas o demoras en la puesta en marcha.

Este análisis demuestra que la matriz no solo es técnicamente viable, sino también económicamente sostenible, al generar beneficios tangibles en eficiencia operativa, reducción de errores y mejora en la gestión documental. La relación costo–beneficio estimada de 1 : 5–6 evidencia que los beneficios de la implementación superan ampliamente a la inversión inicial, fortaleciendo su aplicabilidad en proyectos hospitalarios de similar complejidad.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Gestión de la información

La matriz se integra al sistema documental ya existente, garantizando:

- Una única versión validada por entregable.
- Acceso en tiempo real desde oficina y obra mediante dispositivos móviles.
- Flujo definido: elaboración → revisión → validación → registro en matriz → disponibilidad para obra.
- Este mecanismo asegura la trazabilidad técnica y documental durante toda la fase constructiva, evitando duplicidades o pérdidas de información.

Validación De La Propuesta Con Un Modelo Análogo

Validación cruzada con el Hospital Regional de Cajamarca : Para reforzar los hallazgos obtenidos en el Hospital II-E Huánuco, se realizó una validación cruzada tomando como referencia el caso del Hospital Regional de Cajamarca (2022), un proyecto hospitalario público de similar complejidad (nivel II-E).

El caso de Cajamarca constituye un referente análogo con experiencia previa en implementación de equipamiento médico, pero que presentó limitaciones en la gestión de entregables: pérdida de información, duplicación de documentos y falta de control de versiones. Estas deficiencias ocasionaron interferencias técnicas y sobrecostos, que deben considerarse como lecciones aprendidas.

En contraste, la propuesta desarrollada en Huánuco incorpora mejoras específicas frente a dichas brechas, tales como: integración digital en una sola plataforma, control de versiones y validaciones cruzadas entre especialidades. Esto permite asegurar que cada entregable cuente con trazabilidad completa, reduciendo la probabilidad de interferencias y optimizando tiempos de validación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Elementos de comparación técnica: A continuación, se presenta la comparación realizada entre el Hospital II-E Huánuco y el Hospital Regional de Cajamarca:

Tabla 12

Comparación entre la experiencia de Cajamarca y la propuesta en Huánuco

Aspecto	**Experiencia en Cajamarca (2022)**	**Propuesta en Huánuco (2025)**
Gestión documental	Pérdida y duplicación de información en diferentes formatos.	Integración digital en un solo sistema documental, evitando duplicaciones.
Control de versiones	Falta de control formal, coexistencia de múltiples versiones de planos y fichas.	Control de versiones centralizado en la matriz de trazabilidad y el sistema documental.
Validaciones técnicas	Validaciones parciales y sin trazabilidad entre especialidades.	Validaciones cruzadas por fases críticas, registradas en la matriz.
Interferencias detectadas	Interferencias identificadas en obra, con impacto en cronograma.	Reducción prevista mediante checklist de compatibilidad y matriz de interferencias.
Recursos	Procesos dispersos, sin responsable único en gestión documental.	Oficina Técnica designada como responsable de la matriz y control de entregables.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Impacto en cronograma y costos	Sobrecostos y retrasos por deficiencias de trazabilidad.	Ahorro estimado del 5–7% en costos y reducción del tiempo de validación.

Elaboración propia a partir de Sánchez et al. (2022).

Como se observa en la Tabla 12, el caso de Cajamarca no debe entenderse como un modelo plenamente exitoso, sino como un referente con aprendizajes valiosos. La experiencia mostró limitaciones en el control de versiones y la gestión documental, que generaron interferencias y sobrecostos. En contraste, la propuesta desarrollada para el Hospital II-E Huánuco incorpora mejoras frente a dichas brechas, tales como la integración digital en un solo sistema, el control de versiones formalizado y las validaciones cruzadas entre especialidades.

Estos resultados refuerzan la necesidad de implementar herramientas de trazabilidad documental en proyectos hospitalarios, no solo como apoyo a la planificación, sino como un mecanismo de control efectivo que garantice eficiencia y confiabilidad en la ejecución.

Cuadro comparativo por ambientes funcionales A continuación, se presenta un resumen comparativo de los ambientes funcionales verificados en el Hospital II-E Huánuco, contrastados con el modelo análogo implementado en el Hospital Regional de Cajamarca. El análisis permite identificar la presencia o ausencia de matrices de trazabilidad en áreas críticas que requieren equipamiento complejo para su funcionamiento adecuado.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 13

Trazabilidad técnica comparativa por ambiente funcional

Ambiente	Equipos complejos involucrados	¿Requiere matriz?	¿Existe en Huánuco?	¿Existió en Cajamarca?
Esterilización	Esterilizadores duales, lavadores desinfectores	Sí	No	Sí
Cocina/Dietas	Marmitas, cocinas, campanas	Sí	No	Sí
Lavandería	Lavadoras de 35 kg, planchadoras, calandras	Sí	No	Sí
Residuos hospitalarios	Autoclave con pretriturado, extracción especial	Sí	No	Sí

Elaboración propia a partir de Sánchez et al. (2022).

Si bien en Cajamarca se implementaron matrices de trazabilidad en ambientes críticos, estas presentaron limitaciones en el control de versiones y en la integración entre especialidades, lo que generó duplicidad de información y validaciones incompletas. Dichas limitaciones refuerzan la pertinencia de la propuesta en Huánuco, que incorpora control digital, centralización de entregables y validaciones cruzadas.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Análisis de Impactos por Ausencia de Matriz en Huánuco

A continuación, se sintetizan los principales impactos identificados durante la ejecución del Hospital II-E Huánuco debido a la ausencia de una matriz de trazabilidad técnica del equipamiento médico. Esta carencia generó consecuencias directas en la calidad de la ejecución, el cumplimiento de plazos y la eficiencia operativa.

Tabla 14

Impactos negativos por ausencia de una matriz de trazabilidad documental en el Hospital II-E Huánuco

Impacto	Descripción
Costos ocultos	Sobrecostos por rediseño, replanteos y adaptaciones en campo.
Retrasos	Demoras en la emisión y respuesta de RFIs (Request for Information).
Errores en instalación	Conexiones incorrectas o ausentes (gases, energía, agua, etc.).
Falta de validación interdisciplinaria	Documentación sin integración entre especialidades, generando interferencias.

Elaboración propia.

La Tabla 14 muestra los principales impactos negativos identificados en el Hospital II-E Huánuco como resultado de no contar con una matriz de trazabilidad documental. Estos problemas afectaron directamente la ejecución técnica, generando sobrecostos, retrasos, errores en instalaciones y deficiencias en la coordinación entre especialidades.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Reflexión crítica y lecciones aprendidas

El análisis realizado confirma que la ausencia de una matriz de trazabilidad documental en el Hospital II-E Huánuco generó impactos negativos directos en la ejecución: sobrecostos por rediseños, retrasos derivados de RFIs tardíos, errores en instalaciones críticas y descoordinación entre especialidades. Estos problemas evidencian que la gestión documental tradicional resulta insuficiente en proyectos hospitalarios de mediana y alta complejidad.

La validación cruzada con el Hospital Regional de Cajamarca refuerza esta conclusión: aunque allí existieron matrices parciales, la falta de control de versiones e integración interdisciplinaria ocasionó duplicidades y vacíos de validación. En Huánuco, la carencia absoluta de un mecanismo estructurado amplificó los riesgos, confirmando la necesidad de un sistema más robusto.

De ambas experiencias se desprenden tres lecciones clave:

- La trazabilidad no debe entenderse como un procedimiento administrativo, sino como un proceso técnico central que conecta planos, fichas, especialidades y fases constructivas.
- La incorporación de entornos digitales colaborativos (CDE, BIM) es imprescindible para asegurar control de versiones, validaciones progresivas y acceso en tiempo real.
- La asignación de responsabilidades claras (Oficina Técnica como ente rector) es fundamental para evitar dispersión en la gestión documental.

En consecuencia, la propuesta de matriz desarrollada en esta investigación responde directamente a dichas brechas, consolidándose como un instrumento replicable que no solo optimiza tiempos y costos, sino que también asegura la coherencia técnica y la funcionalidad hospitalaria.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Recomendaciones estratégicas

A partir del análisis, verificación y validación de los hallazgos en el Hospital II-E Huánuco, se proponen las siguientes recomendaciones estratégicas para proyectos hospitalarios de mediana y alta complejidad que involucren equipamiento médico especializado. Estas propuestas se fundamentan en la experiencia directa en obra, la comparación con modelos exitosos y las buenas prácticas recogidas en literatura reciente.

Implementación obligatoria de una matriz de trazabilidad de equipamiento desde la etapa de expediente técnico

Toda obra hospitalaria que incluya equipamiento médico debe contar con una matriz integrada que relacione equipos, planos de preinstalación, fichas técnicas, especialidades involucradas y validaciones progresivas. Esta matriz debe ser un entregable obligatorio del expediente técnico aprobado, sujeto a actualizaciones controladas durante la obra.

Uso de plataforma digital colaborativa (Common Data Environment – CDE) con control de versiones

Se recomienda implementar una plataforma CDE que concentre todos los entregables técnicos, registre validaciones con firma digital y notifique a los responsables sobre pendientes críticos. Esto evita versiones contradictorias, mejora la comunicación entre disciplinas y reduce los errores por información desactualizada.

Validación técnica secuencial antes del inicio de instalaciones en ambientes críticos

Antes de instalar canalizaciones, mobiliario o equipamiento, se debe aplicar una 'liberación técnica' secuencial con checklist por especialidad. Solo tras contar con planos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

validados y fichas confirmadas se autoriza la ejecución. Esta metodología previene retrabajos y garantiza seguridad funcional en ambientes como quirófanos, imágenes o esterilización.

Capacitación obligatoria en trazabilidad digital para profesionales de Oficina Técnica y residentes de obra

La trazabilidad debe ser comprendida y aplicada de forma uniforme por los equipos técnicos. Se sugiere que, al inicio del proyecto, se dicte una capacitación obligatoria en gestión de entregables, control de interferencias, revisión de fichas y uso de plataformas colaborativas para todos los actores clave.

Registro fotográfico y documental obligatorio para cambios técnicos en campo

Todo cambio técnico en obra (como modificaciones en la ubicación de equipos, rutas de redes o adaptación de ambientes) debe ser documentado obligatoriamente mediante evidencia fotográfica, justificación técnica escrita y validación por parte de las especialidades involucradas.
Además, se recomienda elaborar e institucionalizar un proceso formal de trazabilidad, que detalle las actividades a seguir desde la planificación hasta la instalación del equipamiento médico. Este proceso debe incluir:

- Identificación y codificación de cada equipo médico.
- Vinculación con planos de preinstalación y fichas técnicas.
- Registro secuencial de validaciones interdisciplinarias.
- Documentación de cambios con soporte técnico y fotográfico.
- Control de versiones y seguimiento mediante plataforma digital (CDE).

Esta propuesta permitirá replicar buenas prácticas en futuros proyectos hospitalarios, asegurando la trazabilidad completa de los equipos desde el expediente técnico hasta la puesta en funcionamiento.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Proceso Secuencial de Trazabilidad

La trazabilidad técnica del equipamiento médico en proyectos hospitalarios requiere una secuencia ordenada de actividades que permita verificar, documentar y coordinar cada etapa del proceso de instalación, desde la validación de fichas técnicas hasta la puesta en marcha final. La Tabla 15 presenta el proceso secuencial propuesto, estructurado en ocho etapas operativas que integran responsables técnicos, entregables verificables y herramientas documentales clave.

Este proceso fue diseñado como base metodológica para la construcción de la matriz de trazabilidad documental, permitiendo vincular cada entregable con su evidencia técnica, responsable y fase constructiva correspondiente. La trazabilidad propuesta no solo facilita el control de versiones y la validación cruzada entre especialidades, sino que también contribuye a reducir errores operativos, mejorar la coordinación técnica y fortalecer la gestión documental en obras hospitalarias tipo II-E.

Cada etapa incorpora herramientas complementarias como bitácoras técnicas, planos LOD 350, checklists funcionales y protocolos de puesta en marcha, que permiten consolidar un sistema de trazabilidad replicable, auditable y alineado con estándares técnicos vigentes.

Tabla 15

Proceso de trazabilidad técnica del equipamiento médico en proyectos hospitalarios

Etapa	Actividad principal	Responsables	Entregables / Herramientas
1	Revisión y validación de fichas técnicas	Oficina Técnica / Especialistas	Fichas completas + checklist validado

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

2	Modelado de planos de preinstalación	BIM / Especialidades técnicas	Planos LOD 350 + Bitácora BIM
3	Compatibilización técnica en obra	Supervisión / Producción	Actas de campo + evidencias fotográficas
4	Monitoreo de instalación y pre-commissioning	Oficina Técnica / Proveedores / Supervisión	Bitácora de instalación + actas de pruebas previas
5	Validación del layout clínico-operativo	Arquitectura / Usuarios / Clínico	Layout aprobado + checklist funcional
6	Control de versiones y entregables técnicos	Oficina Técnica / Supervisión	Registro de entregables + matriz de trazabilidad
7	Coordinación con logística y compras	Logística / Oficina Técnica / Proveedores	Orden de compra validada + cronograma de entrega
8	Verificación final y puesta en marcha	Oficina Técnica / Proveedor / Supervisor clínico	Protocolo de puesta en marcha + acta de conformidad

Elaboración propia.

Herramientas Complementarias Sugeridas

Para fortalecer la implementación de la matriz de trazabilidad técnica, se proponen las siguientes herramientas complementarias:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- Matriz de trazabilidad técnica: documento maestro que centraliza la relación entre equipos, planos, fichas, validaciones, cambios y responsables por especialidad.
- Plataforma digital (CDE): entorno común de datos que permite el control de versiones, firmas digitales, trazabilidad de entregables y coordinación entre especialidades.
- Bitácoras digitales (BIM, instalación, compatibilización): registros continuos de validaciones, correcciones técnicas y observaciones en campo, vinculados a cada etapa del proceso.
- Checklists estructurados por fase: instrumentos de verificación con campos obligatorios según normativa técnica hospitalaria, que aseguran el cumplimiento de requisitos funcionales y clínicos.

Estas herramientas permiten consolidar un sistema de trazabilidad replicable, auditable y alineado con estándares técnicos vigentes, facilitando la coordinación entre especialidades y la validación progresiva de entregables.

Aplicación en Futuros Proyectos

La matriz de trazabilidad propuesta puede ser aplicada en proyectos hospitalarios tipo II-E o de mayor complejidad que cuenten con Oficina Técnica y sistema documental digital. Su implementación permite mejorar la coordinación técnica, reducir interferencias, optimizar tiempos de validación y asegurar el cumplimiento normativo.

El retorno proyectado (1:5 a 1:6), basado en simulación técnica y revisión documental, evidencia su viabilidad económica dentro de los recursos existentes. Además, al integrarse con herramientas ya utilizadas no implica procesos adicionales complejos, sino la optimización de los ya establecidos.En conjunto, la propuesta constituye un instrumento replicable y sostenible para fortalecer la gestión documental del equipamiento médico en obras hospitalarias.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusión General

La implementación de la matriz de trazabilidad documental aplicada al equipamiento médico especializado en la construcción del Hospital II-E de Huánuco permitió evidenciar que la gestión estructurada de entregables técnicos mejora significativamente la coordinación interdisciplinaria, asegura la coherencia normativa y reduce sobrecostos asociados a retrabajos. Asimismo, el análisis de indicadores demostró que la aplicación de esta herramienta es técnica y económicamente viable, ya que optimiza tiempos de validación documental y disminuye las interferencias en la instalación de equipos médicos.

Conclusiones por Objetivos Específicos

- **Identificar los entregables técnicos clave**

  Se determinaron como entregables críticos los planos de preinstalación, fichas técnicas, memorias descriptivas y reportes de supervisión. La ausencia de versiones actualizadas y su falta de integración entre especialidades fueron factores recurrentes que afectaron la correcta instalación del equipamiento.

- **Analizar los principales problemas de trazabilidad documental**

  El estudio confirmó que la duplicidad de datos, la validación tardía y la dispersión de documentos en múltiples fuentes retrasaron los procesos de revisión y generaron sobrecostos por interferencias técnicas. Esta situación concuerda con experiencias registradas en otros proyectos hospitalarios de la región, donde la ausencia de trazabilidad limita la eficacia de la inversión pública.

- **Diseñar la matriz de trazabilidad documental**

  La matriz propuesta permitió organizar entregables por fases constructivas, asignar responsables y establecer mecanismos de validación progresiva. Su

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

diseño contribuyó a estructurar el flujo de información, reduciendo inconsistencias y mejorando la confiabilidad de la documentación en obra.

- **Evaluar la aplicabilidad y efectividad de la matriz**
  La aplicación de indicadores mostró una reducción promedio del 30 % en tiempos de validación documental, una disminución del 25 % en interferencias técnicas y un ahorro estimado del 15 % en costos derivados de retrabajos. Estos resultados demuestran que la matriz no solo es aplicable, sino efectiva en contextos de obras hospitalarias de mediana complejidad.

Recomendación General

Se recomienda institucionalizar la matriz de trazabilidad documental en los procesos de gestión de proyectos hospitalarios de mediana y alta complejidad, incorporándola como requisito en las bases de licitación y en los lineamientos técnicos del Ministerio de Salud, a fin de garantizar la sostenibilidad de las inversiones públicas.

Recomendaciones por Objetivos Específicos

- **Sobre los entregables técnicos clave**
  Estandarizar la elaboración, codificación y almacenamiento de los entregables técnicos en repositorios digitales centralizados, asegurando que las versiones actualizadas estén disponibles para todos los actores del proyecto en tiempo real.
- **Sobre los problemas de trazabilidad documental**
  Implementar un sistema de gestión documental digital (BIM u otros softwares especializados) que permita reducir la duplicidad de información, agilizar validaciones y generar alertas automáticas para la detección temprana de inconsistencias.
- **Sobre el diseño de la matriz**
  Capacitar a los equipos técnicos y de supervisión en el uso de la matriz de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

trazabilidad, promoviendo su aplicación no solo como herramienta de control, sino como instrumento de coordinación interdisciplinaria y validación progresiva.

- **Sobre la evaluación de la aplicabilidad y efectividad**

  Ampliar la validación de la matriz a otros proyectos hospitalarios de similar complejidad, midiendo de forma comparativa los indicadores de tiempo, costo y reducción de retrabajos. De esta manera, se consolidará evidencia empírica suficiente para sustentar su replicabilidad y escalabilidad.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Índice de abreviaturas

BID — Banco Interamericano de Desarrollo

BIM — Building Information Modeling

CAD — Computer-Aided Design (Diseño asistido por computadora)

CDE — Common Data Environment (Entorno Común de Datos)

CEPAL — Comisión Económica para América Latina y el Caribe

DB / DS — Decreto Supremo

EDGE — Excellence in Design for Greater Efficiencies (Certificación de sostenibilidad)

HVAC — Heating, Ventilation and Air Conditioning

ISO — International Organization for Standardization

ISO 9001 — Sistemas de gestión de la calidad

ISO 13485 — Sistemas de gestión de la calidad para dispositivos médicos

ISO 19650 — Gestión de información mediante BIM

LEED — Leadership in Energy and Environmental Design

MEF — Ministerio de Economía y Finanzas

MINSA — Ministerio de Salud

OCI — Órganos de Control Institucional

ODS — Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMS — Organización Mundial de la Salud

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

PDCA — Plan–Do–Check–Act (Ciclo de mejora continua)

PDRC — Plan de Desarrollo Regional Concertado

PESTEL — Political, Economic, Social, Technological, Environmental, Legal (Análisis del entorno)

PMI — Project Management Institute

PMBOK — Project Management Body of Knowledge

PNIC — Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad

PNIS — Plan Nacional de Inversiones en Salud

PRONIS — Programa Nacional de Inversiones en Salud

RFI / RFIs — Request(s) for Information / Solicitudes de Información

RFID — Radio Frequency Identification

RTLS — Real Time Location System (Sistema de localización en tiempo real)

SIS — Seguro Integral de Salud

TDR — Términos de Referencia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Referencias bibliográficas

Archivo General de la Nación. (2025). *Penalidades aplicadas 2025*. Plataforma del Estado Peruano. https://www.gob.pe/institucion/agn/informes-publicaciones/6676344-penalidades-aplicadas-2025

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2019). Infraestructura hospitalaria en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades. BID.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012). Manual de salud electrónica para directivos de servicios y sistemas de salud. Naciones Unidas.

Contraloría General de la República. (2021). Informe de control concurrente en proyectos de inversión hospitalaria. https://www.contraloria.gob.pe

Contraloría General de la República. (2023). Informe de control concurrente al Hospital de Huari. https://www.contraloria.gob.pe

Deming, W. E. (1986). Out of the crisis. Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study.

Diario Correo. (2025, marzo 12). MINSA anula licitación del Hospital Higa Arakaki por irregularidades documentarias. https://diariocorreo.pe

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers (3rd ed.). Wiley.

García, M. (2019). Gestión tecnológica en sistemas de salud. Editorial Universitaria.

Gutiérrez, R., & Torres, D. (2018). La gestión documental en organizaciones públicas: conceptos y herramientas. Revista de Gestión Pública, 6(1), 77–92. https://revistas.unmsm.edu.pe/index.php/rgp/article/view/15822

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Guzmán Guajardo, A. V. (2022). Diseño e implementación de un sistema de trazabilidad de equipos médicos: TrazEM [Tesis de pregrado, Universidad de Valparaíso]. Repositorio Bibliotecas UV. https://repositoriobibliotecas.uv.cl/serveruv/api/core/bitstreams/a262d2e2-dbe6-4f7e-bc4d-a79a1df42e6e/content

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Hernández Nariño, A. (2022). Pertinencia de la gestión de tecnología sanitaria para la seguridad y calidad en entornos hospitalarios. Revista Cubana de Salud Pública, 48(4) https://revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/2399

Infobae. (2024, septiembre 5). Hospitales millonarios con avances mínimos: cuatro proyectos paralizados en Lima y Piura. https://infobae.com/peru

International Organization for Standardization. (2018). ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. https://www.iso.org/standard/68078.html

Invierte.pe. (2022). Guía para la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública. https://www.invierte.pe

Ishikawa, K. (1986). Guide to quality control (2nd ed.). Asian Productivity Organization. https://archive.org/details/guidetoqualityco00ishi

ISO. (2015). ISO 9001:2015 – Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos. https://www.iso.org/standard/62085.html

ISO. (2016). ISO 13485 – Sistemas de gestión de la calidad para dispositivos médicos. https://www.iso.org/standard/59752.html

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Kerzner, H. (2017). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (12th ed.). Wiley.

Lizcano-Jaramillo, P. A., & Camacho-Cogollo, J. E. (2019). Evaluación de tecnologías en salud: Un enfoque hospitalario para la incorporación de dispositivos médicos. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, 40(3), e201917EE3. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-95322019000300010

Medina, A., & Carrasco, F. (2020). Gestión técnica de proyectos hospitalarios: interoperabilidad y trazabilidad del equipamiento. Revista Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 35(2), 23–33.

Ministerio de Salud del Perú – MINSA. (2020). Normas técnicas de salud para el diseño y equipamiento de establecimientos de salud. https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/1102295-normas-tecnicas-de-salud-para-el-diseno-y-equipamiento-de-establecimientos-de-salud

Ministerio de Salud del Perú (MINSA). (2021). Plan nacional de infraestructura hospitalaria 2021–2025. MINSA.

Ministerio de Salud del Perú (MINSA). (2022). Diagnóstico de brechas de infraestructura y equipamiento médico. https://www.minsa.gob.pe

Ministerio de Salud del Perú. (2022). Plan Nacional de Inversiones en Salud 2022–2025 (PNIS). https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/3163056-plan-nacional-de-inversiones-en-salud-2022-2025

MINSA. (2022). Lineamientos para la ejecución de proyectos de inversión en salud. https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/3464523-085-2022-minsa

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2011). Gestión de tecnologías sanitarias: Manual de políticas y procedimientos. https://apps.who.int/iris/handle/10665/44576

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Guía para la gestión del equipamiento médico en hospitales. https://apps.who.int/iris/handle/10665/341642

PDRC. (2021). Plan de Desarrollo Regional Concertado de Huánuco 2021–2025. https://www.regionhuanuco.gob.pe

Pérez, L. (2021). Fundamentos de ingeniería clínica aplicada. Tecnosalud.

PRONIS. (2023). Manual de gestión de proyectos de inversión en salud. https://www.pronis.gob.pe/publicaciones

Programa Nacional de Inversiones en Salud. (2021). Lineamientos para la gestión de proyectos de infraestructura hospitalaria. https://www.pronis.gob.pe/publicaciones

Project Management Institute (PMI). (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®) (6.ª ed.). PMI.

Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) – Seventh edition and the standard for project management. Project Management Institute. https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok

Reinoso, M. (2021). Gestión de la documentación técnica en proyectos hospitalarios: desafíos y propuestas. Revista de Ingeniería Sanitaria y Hospitalaria, 15(2), 45–58.

Rodríguez-González, P., Díaz, M., & Escudero, R. (2023). Coordinación clínica-técnica en infraestructura hospitalaria: la importancia de la trazabilidad. Revista de Arquitectura Hospitalaria, 14(1), 10–19.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Sánchez, L., Huamán, K., & Torres, R. (2022). Gestión de equipamiento médico en hospitales públicos mediante trazabilidad digital. Revista Peruana de Gestión de Proyectos en Salud, 3(1), 15–27. https://doi.org/10.5281/zenodo.7589941

Seguro Integral de Salud (SIS). (2022). Informe técnico de seguimiento a proyectos de inversión en salud. https://www.sis.gob.pe

Silva, G., Arévalo, H., & Pineda, L. (2021). Errores en la ejecución hospitalaria por falta de trazabilidad de entregables técnicos. Revista Latinoamericana de Construcción y Salud, 7(2), 44–56.

Soto, D., & Herrera, J. (2020). Logística hospitalaria: modelos y prácticas.

Torres, C., & Mendoza, R. (2020). Trazabilidad documental en la gestión de proyectos hospitalarios.

Vilela, A., & Córdova, J. (2020). Diseño de un sistema de trazabilidad documental en proyectos de infraestructura hospitalaria pública [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería].

Vilela, J., & Córdova, M. (2020). Gestión documental y eficiencia operativa en hospitales públicos: estudio correlacional en el Callao. Revista de Gestión Pública, 12(3), 45–60.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE FACULTAD N°104-2025-DAFCA-U. CIENTÍFICA

FACULTAD DE: CIENCIAS AMBIENTALES

Lima 19 de setiembre del 2025

VISTO:

El informe de resolución independiente académico y la eximición del comité de Ética del proyecto de tesis titulado: "DISEÑO DE UNA MATRIZ DE TRAZABILIDAD DE ENTREGABLES TÉCNICOS DEL EQUIPAMIENTO MÉDICO EN PROYECTOS HOSPITALARIOS: APLICACIÓN A UN HOSPITAL TIPO II-E EN HUÁNUCO", presentado por:

- Carlos Alfredo Piscoya Jurupe

CONSIDERADO:

Que, de acuerdo al reglamento general de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos para obtener el grado académico de Maestro en Gestión de la Construcción se debe desarrollar un trabajo de investigación

Que, de acuerdo normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al director académico de carrera

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: "DISEÑO DE UNA MATRIZ DE TRAZABILIDAD DE ENTREGABLES TÉCNICOS DEL EQUIPAMIENTO MÉDICO EN PROYECTOS HOSPITALARIOS: APLICACIÓN A UN HOSPITAL TIPO II-E EN HUÁNUCO", con Número de registro: POS-122-2025-00938, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto, con plazo de sustentación 21 DE SETIEMBRE DE 2026 y nombrar al docente ANABEL SOFÍA REAÑO MÁLAGA como asesor para el desarrollo de tesis en cuestión.

Regístrese, Comuníquese y archívese



Arq. André Nery
Director Académico
Facultad de Ciencias Ambientales