



## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION Y  
HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN  
LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, HOSPITAL DE  
APOYO RECUAY, ANCASH, 2023

**Línea de investigación:**

**Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Chagua Rojas, David Manuel

**Asesor:**

Madrid Saldaña, Cesar Karlo  
ORCID: 0009-0007-6805-9745

**Jurado:**

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

Benítes Zúñiga, José Luis

Pomachagua Basualdo, Yuri Arturo

**Lima - Perú**

**2024**



# IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION Y HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, HOSPITAL DE APOYO RECUAY, ANCASH,

## INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://licitaciones.consorticiosuyay.com">licitaciones.consorticiosuyay.com</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://repositorio.usmp.edu.pe">repositorio.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	2%
5	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.unamba.edu.pe">repositorio.unamba.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION Y  
HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD  
EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS,  
HOSPITAL DE APOYO RECUAY, ANCASH, 2023**

Línea de Investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar por el Título profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Chagua Rojas, David Manuel

**Asesor:**

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

ORCID: 0009-0007-6805-9745

**Jurado**

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

Benítes Zúñiga, José Luis

Pomachagua Basualdo, Yuri Arturo

**Lima – Perú**

**2024**

**Dedicatoria**

A mi madre Hilda y hermano Josué que siempre han sido un pilar de apoyo en todas mis metas y sueños.

A Nicoll mi pareja, por el nuevo proyecto y camino que estamos iniciando

### **Agradecimientos**

A todos mis docentes de la Universidad Nacional Federico Villarreal que con sus experiencias y metodologías han transmitido sus conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí.

## Índice

RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	2
1.1.1. <i>Problema General</i> .....	4
1.1.2. <i>Problemas específicos</i> .....	4
1.2. Antecedentes .....	5
1.3. Objetivos .....	9
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	9
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	9
1.4. Justificación .....	10
1.4.1. <i>Práctica</i> .....	10
1.4.2. <i>Social</i> .....	11
1.5. Hipótesis .....	11
II. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación .....	12
III. MÉTODO .....	38
3.1. Tipo de investigación.....	38
3.2. Ámbito temporal y espacial .....	38

3.3.	Variables .....	39
3.4.	Población y muestra.....	39
3.5.	Instrumentos.....	42
3.6.	Procedimientos.....	42
3.7.	Análisis de datos .....	45
3.8.	Consideraciones éticas .....	45
IV.	RESULTADOS.....	47
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	92
VI.	CONCLUSIONES .....	96
VII.	RECOMENDACIONES.....	98
VIII.	REFERENCIAS.....	99
IX.	ANEXOS .....	106

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Personal asignado.....	56
<b>Tabla 2.</b> Carta balance partida de fabricación de estructuras metálicas.....	63
<b>Tabla 3.</b> Carta balance partida de montaje de estructuras metálicas.....	68
<b>Tabla 4.</b> Anàlisis de restricciones partida de fabricación.....	76
<b>Tabla 5.</b> Anàlisis de restricciones partida de montaje.....	77
<b>Tabla 6</b> Sectorización, trenes de trabajo .....	83
<b>Tabla 7</b> Lookahead de 4 semanas .....	84
<b>Tabla 8</b> Causas de no cumplimiento.....	85
<b>Tabla 9</b> Indicadores acumulados de EVM del proyecto.....	88
<b>Tabla 10</b> Coeficiente de correlación de Pearson PAC-CPI.....	90
<b>Tabla 11</b> Coeficiente de correlación de Pearson PAC-SPI .....	90

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Desperdicios en producción .....	16
<b>Figura 2</b> Modelo tradicional .....	17
<b>Figura 3</b> Modelo Lean.....	18
<b>Figura 4</b> Actividades no contributivas.....	21
<b>Figura 5</b> Aplicación de la carta balance.....	25
<b>Figura 6</b> Last Planner System .....	29
<b>Figura 7.</b> Vista de la ubicación general del terreno .....	47
<b>Figura 8.</b> Distribución del trabajo en general de fabricación.....	67
<b>Figura 9.</b> Distribución del trabajo general de montaje.....	72
<b>Figura 10.</b> Diagrama Ishikawa de las causas de la baja productividad.....	80
<b>Figura 11</b> Análisis de restricciones .....	81
<b>Figura 12</b> Restricciones más incidentes de la obra en general .....	82
<b>Figura 13</b> Curva de Porcentaje de actividades completadas (PAC) .....	85
<b>Figura 14</b> Curva $<S=$ EVM del proyecto en general .....	87
<b>Figura 15</b> Variación semanal del PAC-CPI-SPI .....	91

## RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo Implementar la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay, Ancash, 2024. Se fundamentó bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, no experimental de corte longitudinal. La muestra se centró en el análisis del casco estructural de la obra en cuestión con enfoque de estructuras la cual será determinada por medio de la metodología Lean construction para alcanzar una mayor productividad. La implementación de la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas en el Hospital de Apoyo Recuay ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la productividad. Al aplicar principios Lean, se ha logrado una reducción significativa en las tareas no productivas, mejorando la eficiencia y optimizando el uso de recursos. Las herramientas de calidad han permitido un control más riguroso del proceso, asegurando que las actividades se realicen con un estándar elevado, lo cual ha resultado en un progreso más consistente y menos desperdicios.

*Palabras clave:* obra, productividad, calidad, herramientas

## ABSTRACT

The present study aimed to implement the Lean Construction Methodology and Quality Tools to improve productivity in the manufacture and assembly of metal structures, Recuay Support Hospital, Ancash, 2024. It was based on a quantitative, applied, non-experimental approach of longitudinal cutting. The sample focused on the analysis of the structural hull of the work in question with a structural approach which will be determined by means of the Lean construction methodology to achieve greater productivity. The implementation of the Lean Construction Methodology and Quality Tools in the manufacture and assembly of metal structures at the Recuay Support Hospital has proven to be an effective strategy to improve productivity. By applying Lean principles, a significant reduction in non-productive tasks has been achieved, improving efficiency and optimizing the use of resources. The quality tools have allowed a more rigorous control of the process, ensuring that the activities are carried out to a high standard, which has resulted in more consistent progress and less waste.

*Keywords:* construction, productivity, quality, tools

## I. INTRODUCCIÓN

La implementación de la metodología Lean Construction, junto con herramientas de calidad, representa un avance significativo en la industria de la construcción, particularmente en proyectos complejos como la fabricación y montaje de estructuras metálicas para el Hospital de Apoyo Recuay en Ancash. Esta metodología, originada en los principios de producción ajustada del sistema Toyota, se centra en maximizar el valor para el cliente minimizando el desperdicio. En el contexto de la construcción, Lean Construction busca mejorar la eficiencia de todos los procesos involucrados, desde el diseño inicial hasta la ejecución final del proyecto, asegurando así una entrega más rápida, eficiente y de mayor calidad.

En la fabricación y montaje de estructuras metálicas, donde la precisión y la eficiencia son críticas, la aplicación de Lean Construction puede ofrecer beneficios significativos. Estos incluyen la reducción de tiempos muertos, la optimización del uso de recursos y la mejora en la coordinación de las diversas etapas del proyecto. En el caso específico del Hospital de Apoyo Recuay, la implementación de esta metodología puede traducirse en un avance significativo en términos de cumplimiento de plazos y control de costos, aspectos vitales en cualquier proyecto de infraestructura de salud.

Además, la integración de herramientas de calidad en este proceso es fundamental para garantizar que las estructuras metálicas no solo se fabriquen y monten de manera eficiente, sino también cumplan con los más altos estándares de seguridad y funcionalidad. Estas herramientas, que pueden incluir desde sistemas de gestión de calidad hasta tecnologías avanzadas como el BIM (Building Information Modeling), permiten una

planificación más detallada, un control más riguroso de los procesos y una mejor comunicación entre los equipos de trabajo.

En el entorno geográfico y climático de Ancash, donde el Hospital de Apoyo Recuay se ubica, estas prácticas adquieren una relevancia aún mayor. Las condiciones locales presentan desafíos únicos, desde la logística de transporte y manejo de materiales hasta la adaptación a las variaciones climáticas y geológicas de la región. La implementación de Lean Construction y herramientas de calidad, por tanto, debe considerar estos factores para asegurar la adaptabilidad y resiliencia del proyecto.

Finalmente, este enfoque no solo impacta positivamente en la eficiencia y calidad del proyecto del hospital, sino que también establece un precedente para futuras construcciones en la región y en el Perú. La adopción de Lean Construction y el uso de herramientas de calidad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas son pasos hacia la modernización del sector de la construcción en el país, marcando un camino hacia la innovación, la sostenibilidad y la excelencia en la ingeniería civil.

### **1.1. Descripción y formulación del problema**

Globalmente, el sector de la construcción con estructuras metálicas enfrenta desafíos de productividad significativos. Según un informe de McKinsey Global Institute, la industria de la construcción ha experimentado un crecimiento de productividad de solo el 1% anual durante las últimas dos décadas, muy por debajo del 2.8% en la economía global (Anaya e Inga, 2021). Este estancamiento se atribuye en gran medida a la falta de digitalización y estandarización en los procesos de construcción e inserción de metodologías de calidad (Cortés et al., 2020). En el contexto de la fabricación y montaje de estructuras metálicas, esto implica una coordinación ineficiente entre los distintos agentes involucrados (diseñadores, fabricantes, montadores), así como la persistencia de métodos de trabajo tradicionales que no aprovechan

plenamente las ventajas de las tecnologías modernas como el BIM (Modelado de Información de Construcción); así como también filosofías de vanguardia como Lean Construction y herramientas de calidad (Collachagua, 2017).

En América Latina, la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas se ve afectada por factores adicionales. La variabilidad en la calidad de los materiales y la mano de obra especializada son problemáticas recurrentes; además, de los procesos paupérrimos considerados (Aparicio et al., 2023). Un estudio realizado por la Cámara Latinoamericana de la Industria de la Construcción reveló que los retrasos y sobre-costos en proyectos de construcción en la región pueden incrementarse hasta en un 30% debido a la mala gestión de la calidad y la falta de mano de obra calificada (Cruz y Centeno, 2019). En países como Perú, Colombia y México, la integración de procesos y la capacitación en nuevas tecnologías son desafíos pendientes que impactan directamente en la eficiencia y la calidad del producto final (González y Estrada, 2015).

En el caso específico del Hospital de Apoyo Recuay en Ancash, Perú, la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas enfrenta desafíos únicos. Según el Instituto Peruano de Economía, el sector construcción en Perú creció aproximadamente un 2.5% anual en los últimos años, pero esta cifra esconde variaciones significativas en eficiencia y calidad entre distintos proyectos (Hoyos y Botero, 2018). En zonas como Ancash, la logística para el transporte y manejo de materiales metálicos es complicada por la geografía montañosa, lo que puede generar retrasos en los cronogramas de construcción. Además, la variabilidad en la normativa local de construcción y seguridad, junto con la escasez de mano de obra local calificada en métodos de construcción modernos, puede limitar la eficiencia en los procesos de fabricación y montaje de estructuras metálicas (Llerena, 2019).

Asimismo, La logística de transporte y suministro de materiales en regiones montañosas puede complicar la entrega puntual y la gestión de inventarios, aspectos cruciales en Lean Construction. Además, la variabilidad en las normativas locales de construcción y seguridad puede requerir adaptaciones específicas en los procesos de fabricación y montaje. Otro factor importante es la integración de los trabajadores locales en el proyecto, lo que implica una inversión en capacitación y desarrollo de habilidades acorde con las metodologías Lean y las prácticas de calidad en construcción.

### ***1.1.1. Problema General***

¿De qué manera la implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad mejora la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay, Ancash, 2024?

### ***1.1.2. Problemas específicos***

- ¿De qué manera la implementación de la herramienta carta balance mejora la productividad en la edificación en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay?
- ¿De qué manera la implementación del análisis de restricciones mejora la productividad en la en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay?
- ¿De qué manera la implementación del diagrama de flujo mejora la productividad en la en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay?
- ¿De qué manera la implementación del diagrama Ishikawa mejora la productividad en la en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay?

## 1.2. Antecedentes

Huapaya y Torres (2021), abordó una investigación que tuvo por objetivo evaluar la productividad actual, cuantificada en porcentajes para diferentes tipos de trabajos, y mejorarla implementando Lean Construction y Herramientas de Calidad en las fases estructurales del proyecto. Este análisis se realiza bajo un enfoque cuantitativo, utilizando un diseño de investigación aplicada, explicativa, descriptiva y correlacional, que no es experimental y se desarrolla de manera longitudinal y prospectiva. Los resultados indican que las ineficiencias y los excesos en tareas no productivas son consecuencia de una planificación inadecuada y una gestión deficiente de los procesos de construcción. Se encontró que la implementación de Lean Construction y Herramientas de Calidad resulta en un incremento de productividad superior al 20% y un progreso mensual programado del 87%.

De la Vega et al. (2018), realizaron una investigación que tuvo por objetivo desarrollar y aplicar en un proyecto piloto un conjunto de acciones y estrategias que mejoren la productividad en la construcción de instituciones educativas públicas en Cusco, a través de la implementación del Sistema Lean Construction y otras herramientas complementarias propuestas en este estudio.

La investigación se estructura en dos partes principales. La primera se centra en el desarrollo del marco teórico, con un enfoque particular en aspectos de productividad en la industria de la construcción. En la segunda parte, se efectúa un análisis detallado de las instituciones educativas públicas, abarcando las características específicas de estos proyectos, las normativas de construcción a seguir y una evaluación estadística de los proyectos en curso. Posteriormente, se examina en detalle una obra piloto seleccionada, que se especializa en la construcción de instituciones educativas. En este análisis, se describe la organización del proyecto, su ejecución en la región, y cómo manejan aspectos clave como la adquisición y transporte de materiales, contratación de mano de obra y subcontratistas, pagos a proveedores,

y las deficiencias encontradas en los expedientes técnicos de las obras. Finalmente, se identifican y diagnostican los principales problemas y desafíos que enfrenta la construcción de instituciones educativas públicas en Cusco, resaltando las dificultades específicas que enfrentan los constructores en esta región del Perú.

Taype (2018), realizó una investigación que tuvo como propósito principal evaluar cómo la implementación de Lean Construction puede aumentar la productividad en la empresa constructora Royal Sun Corporation en Lima durante el año 2018. Este análisis se centró en adherirse a los principios de la filosofía Lean Construction, clasificando las actividades en tres categorías: trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC). Se aplicó esta clasificación en la fase de ejecución del proyecto “Oficinas Square”, donde se observaron resultados positivos.

La metodología de la investigación fue aplicada y descriptiva, con un diseño cuasiexperimental, longitudinal y prospectivo. El objeto de estudio fue el proyecto “Oficinas Square” ubicado en el distrito de Miraflores, seleccionando específicamente la obra de oficinas Square como muestra. Los resultados del estudio indicaron que la implementación de Lean Construction contribuye significativamente al incremento de la productividad en los proyectos de construcción.

Hoyos (2023), abordó un estudio que tuvo por objetivo aplicar la metodología Lean Construction para optimizar la gestión en la construcción de viviendas de interés social en Rioja en el año 2022. Este enfoque forma parte de una investigación aplicada, con un diseño intervencionista, un enfoque longitudinal y un estudio cuasi experimental. Se analizó un proyecto previamente ejecutado por la empresa Constructora e Ingeniería Dikassa S.A.C., identificando las limitaciones particularmente en la etapa de construcción. Posteriormente, se propusieron directrices basadas en Lean Construction para la construcción de viviendas de

interés social, enfocándose en el Ensamble de LPDS (Lean Project Delivery System), el Análisis de Restricciones y la Planificación de la Producción. Como resultado, se concluyó que la aplicación de Lean Construction en la gestión de construcción de viviendas de interés social en Rioja en 2022 resultó en la formulación de directrices que mejoraron la gestión de construcción, especialmente en áreas de logística, fabricación y ejecución, alineadas con la filosofía Lean Construction y utilizando herramientas como el Ensamble de LPDS, el Análisis de Restricciones y el Planeamiento de la Producción con el sistema Last Planner.

Pérez et al. (2019), en su artículo científico, cuyo objetivo fue aplicar los conceptos de Lean Construction (LC) y Building Information Modeling (BIM) en la gestión administrativa de proyectos de vivienda popular en Torreón, Coahuila, México. El foco está en viviendas de hasta 42.50 m<sup>2</sup> y con un costo de hasta 200 salarios mínimos, para explorar mejoras en costos y tiempos de construcción. Se utilizaron Cartas Balance para medir la productividad del personal obrero durante las etapas de análisis y construcción. Basándose en estos datos, se desarrolló una nueva propuesta de gestión utilizando BIM, creando un modelo 3D en Revit. Con los resultados y el uso de Naviswork, se generó un proyecto BIM 4D, orientado a optimizar los tiempos en el proceso constructivo. El análisis de productividad proporcionó soluciones específicas para aumentar la eficiencia en la obra analizada.

Salguin et al. (2016), en su artículo científico, establecieron que, el concepto Lean busca maximizar el valor para el cliente minimizando los desperdicios. Tradicionalmente, los beneficios de Lean en construcción se han reflejado más en términos económicos que ambientales. Este artículo explora cómo los métodos de diseño eficiente pueden disminuir la cantidad de residuos generados en construcción y demolición, contribuyendo así a la sustentabilidad ambiental. Se analizaron tres proyectos hospitalarios en California mediante estudios de caso, donde se aplicaron prácticas y herramientas Lean en la fase de diseño. Estos casos evidenciaron que es posible lograr una reducción de los residuos de construcción y

demolición, como reciclar materiales y reducir su uso inicial, mediante la disminución de los desperdicios económicos. A partir de estos estudios, se formularon hipótesis para futuras investigaciones sobre el tema.

Paredes-Gutiérrez et al. (2020), en su artículo científico, en la industria de la construcción, la planificación y control del cronograma son cruciales debido a los frecuentes errores en la programación inicial que generan retrasos en la ejecución de las obras, particularmente cuando se utilizan métodos convencionales como CPM y PERT. Este estudio investiga los beneficios de la programación por Líneas de Balance (LDB) en la construcción de muros anclados de un edificio, destacando cómo este método mejora la gestión del tiempo al permitir una mejor visualización de las actividades en el cronograma y facilitar la identificación de conflictos entre tareas. Se compararon los datos de rendimiento y velocidad de los cronogramas reales y objetivos usando LDB, mostrando una mejora en la gestión del tiempo del 3.57% en las velocidades de avance. Se evaluaron los sectores que más contribuyen a retrasos o adelantos, utilizando mejoras en el ratio y la mano de obra a través de un control detallado del avance porcentual de las actividades. Además, se implementó un diagrama de flujo para optimizar el uso de LDB en el control de las actividades de muros anclados, lo cual representa una novedad respecto a estudios anteriores.

Finalmente, Poveda et al. (2023), en su artículo científico, abordan el análisis de las variables involucradas en el montaje de estructuras metálicas en Ecuador, que se están popularizando como una alternativa eficiente frente a las estructuras tradicionales de hormigón armado. El objetivo principal fue mejorar el proceso de montaje mediante la identificación y evaluación de las variables críticas en el armado de estructuras de acero. Tras identificar estas variables, se desarrolló un procedimiento para optimizar significativamente el proceso de montaje. Para recabar la información necesaria, se realizaron encuestas a 23 profesionales especializados en montaje de estructuras metálicas. Los resultados indicaron áreas de mejora

clave, incluyendo un incremento del 16.1% en la capacitación del personal, una mejora del 6% en los procesos de soldadura, un 15.25% en la planificación inicial de la obra, y un 11% en la disponibilidad de materiales, equipos y máquinas. Además, se destacó la importancia de la comunicación entre el personal y el impacto de las condiciones climáticas en el rendimiento del montaje, que mostró una eficiencia del 79% y 92% en condiciones óptimas para estructuras pesadas y ligeras, respectivamente, pero disminuyó drásticamente a 8% y 21% en días lluviosos. El estudio propone mejorar la capacitación, asegurar la disponibilidad de recursos y encontrar soluciones para minimizar el impacto del clima con el fin de optimizar las prácticas de montaje de estructuras metálicas.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Implementar la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay, Ancash, 2024

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Implementar la herramienta Carta Balance para mejorar la productividad en la en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay
- Implementar el análisis de restricciones para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay
- Implementar el diagrama de flujo para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay

- Implementar el diagrama Ishikawa para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay

## **1.4. Justificación**

### ***1.4.1. Práctica***

La adopción de Lean Construction y herramientas de calidad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas responde a la necesidad de optimizar los recursos y reducir los desperdicios en el sector de la construcción. Tradicionalmente, este sector ha enfrentado desafíos relacionados con la sobreproducción, tiempos de espera innecesarios, y uso ineficiente de materiales y mano de obra. La metodología Lean, con su enfoque en la mejora continua y la eliminación de actividades que no agregan valor, ofrece una solución práctica a estos problemas. Además, la implementación de herramientas de calidad asegura que los proyectos no solo sean eficientes en términos de tiempo y costo, sino también en cumplimiento de los estándares de seguridad y funcionalidad requeridos en estructuras críticas, como es el caso de las infraestructuras hospitalarias. Asimismo, el propósito de integrar Lean Construction y herramientas de calidad en la construcción de estructuras metálicas es doble. Primero, para incrementar la eficiencia operativa, reduciendo los plazos de ejecución y optimizando los costos. Esto se traduce en una gestión más efectiva del proyecto, capaz de responder de manera ágil a los desafíos que surgen durante la construcción. Segundo, para mejorar la calidad del producto final, asegurando que las estructuras metálicas sean duraderas, seguras y funcionales. Esta mejora en la calidad no solo beneficia al cliente o al usuario final del edificio, sino que también contribuye a elevar los estándares generales de la industria de la construcción.

### **1.4.2. Social**

La implementación de estas metodologías y herramientas beneficia a una amplia gama de stakeholders. Los beneficios directos se perciben por parte de los constructores y desarrolladores, quienes experimentan una reducción en los costos y tiempos de construcción, así como una mejora en la gestión del riesgo del proyecto. Los usuarios finales, en este caso pacientes y personal del Hospital de Apoyo Recuay, se benefician de instalaciones construidas con mayor rapidez y a un costo optimizado, sin comprometer la seguridad o funcionalidad. Además, hay un impacto social más amplio: la mejora en la eficiencia y calidad en proyectos de construcción de infraestructura crítica contribuye al desarrollo socioeconómico de la comunidad y la región, promoviendo un entorno construido más seguro y sostenible.

## **1.5. Hipótesis**

La implementar la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay, Ancash, 2024.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

#### 2.1.1. Estado del arte

Introducción a Lean Construction: Lean Construction es una metodología derivada de los principios de producción lean que se originó en la industria manufacturera. Su objetivo principal es maximizar el valor y minimizar el desperdicio en los procesos de construcción (Alcaide y Ruiz, 2021). Aunque ha sido aplicado extensamente en diversos sectores de la construcción, su implementación en la fabricación y montaje de estructuras metálicas es relativamente reciente. Este enfoque busca mejorar la productividad y eficiencia mediante la optimización de los flujos de trabajo y la reducción de las actividades que no agregan valor (Collachagua, 2017).

Herramientas de Calidad en Lean Construction: En el contexto de Lean Construction, las herramientas de calidad como el control estadístico de procesos, el análisis de causa raíz y los diagramas de Ishikawa son fundamentales para identificar y eliminar las fuentes de variabilidad y desperdicio (Cortés et al., 2020). Estas herramientas ayudan a mejorar la calidad y la precisión en la fabricación de componentes metálicos y en las etapas de montaje, asegurando que los proyectos se completen dentro de los parámetros de tiempo y presupuesto establecidos (Anaya e Inga, 2019).

Principios de Lean aplicados a la fabricación de estructuras metálicas: Los cinco principios de Lean, definidos como valor, flujo de valor, flujo, pull y perfección, se aplican para mejorar los procesos en la fabricación de estructuras metálicas (Díaz et al., 2019). La identificación clara del valor desde la perspectiva del cliente guía las operaciones para asegurar que todas las actividades aporten directamente a los objetivos finales del proyecto (Flores, 2022).

**Estudios de Caso:** Diversos estudios de caso han mostrado la efectividad de Lean Construction en la fabricación de estructuras metálicas (Hoyos, 2023). Por ejemplo, empresas en Europa y Asia han reportado mejoras significativas en la reducción de tiempos de ciclo y en la minimización de desperdicios de material a través de la aplicación de técnicas de producción ajustada y justo a tiempo (Huapaya y Torres, 2021).

**Impacto en la Productividad:** La implementación de Lean Construction en la fabricación y montaje de estructuras metálicas ha demostrado un incremento en la productividad (Llerena, 2019). Las técnicas como el mapeo del flujo de valor y el sistema de pull permiten una mejor planificación y coordinación, reduciendo los cuellos de botella y los tiempos de espera entre las etapas de fabricación y montaje (Giménez, 2022).

**Desafíos en la Implementación:** A pesar de sus beneficios, la implementación de Lean Construction enfrenta desafíos significativos. La resistencia al cambio por parte de los empleados y la necesidad de una formación adecuada son barreras comunes (Miranda y Torobisco, 2019). Además, la integración de estas prácticas en los sistemas existentes puede requerir una inversión inicial significativa en tiempo y recursos (Pinzón y Millán, 2017).

**Software y Tecnología:** La adopción de software avanzado, como BIM (Building Information Modeling), facilita la implementación de Lean en la fabricación de estructuras metálicas (Navarro y Lanzón, 2018). BIM permite la visualización detallada de los proyectos y mejora la comunicación entre los equipos, lo cual es crucial para el manejo eficiente de los recursos y la planificación de los proyectos (Quispe, 2017).

**Sostenibilidad y Lean Construction:** La metodología Lean también contribuye a la sostenibilidad de los proyectos de construcción. Al reducir el desperdicio y optimizar

el uso de recursos, los proyectos no solo se vuelven más económicamente viables, sino también más amigables con el medio ambiente (Razo y García, 2021).

Futuro de Lean en la fabricación de estructuras metálicas: Con el avance continuo de las tecnologías y la creciente presión por proyectos más eficientes y sostenibles, se espera que la adopción de Lean Construction siga aumentando. La innovación en herramientas y técnicas promete mejorar aún más los procesos de fabricación y montaje de estructuras metálicas (Salgin et al., 2016).

Conclusión: La implementación de Lean Construction y herramientas de calidad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas presenta una oportunidad considerable para mejorar la productividad y la eficiencia. Aunque existen desafíos, los beneficios de reducir costos y tiempos de ejecución, mejorar la calidad del producto final y aumentar la satisfacción del cliente justifican la inversión en esta metodología.

### **2.1.2. Lean Construction**

Lean Construction es una filosofía de gestión de proyectos de construcción que se enfoca en minimizar el desperdicio y maximizar el valor. Basada en los principios del Lean Manufacturing, esta metodología se centra en la eficiencia de todos los procesos de construcción, desde la planificación hasta la ejecución, buscando reducir costos, tiempos de entrega y mejorar la calidad del producto final (Miranda y Torobisco, 2019).

Lean Construction promueve un enfoque colaborativo en la industria de la construcción. Se caracteriza por la integración y participación activa de todos los agentes involucrados (arquitectos, ingenieros, contratistas, clientes, etc.) desde las primeras etapas del proyecto. Este enfoque colaborativo asegura una mayor comprensión y alineación de los objetivos del proyecto, favoreciendo la toma de decisiones más eficientes y la resolución de problemas de forma proactiva (Navarro y Lanzón, 2018).

Uno de los conceptos clave de Lean Construction es la mejora continua de los procesos de construcción. Esta metodología busca identificar y eliminar desperdicios en todas las etapas del proyecto, definiendo desperdicio como cualquier actividad que no agregue valor al cliente. Esto incluye la reducción del tiempo de inactividad, la minimización de errores y re-trabajos, y la optimización del uso de recursos (Soto, 2017).

Lean Construction implementa una variedad de herramientas y técnicas específicas para mejorar la eficiencia y efectividad en la construcción. Estas herramientas incluyen el Last Planner System (LPS) para la planificación y control de la producción, el Value Stream Mapping para analizar y mejorar los flujos de procesos, y el uso de tecnologías como el Building Information Modeling (BIM) para mejorar la planificación y coordinación del proyecto (Valdes et al., 2022).

En Lean Construction, el valor para el cliente es el principal motor de todos los procesos de construcción. Esto implica comprender profundamente las necesidades y expectativas del cliente y alinear todos los procesos de construcción para satisfacer estas necesidades de la manera más eficiente posible. El enfoque en el valor al cliente asegura que el proyecto final no solo cumpla con las especificaciones técnicas y de calidad, sino que también satisfaga o supere las expectativas del cliente (Zambrano et al., 2019).

Tomando en consideración la conceptualización, la filosofía clasifica los desperdicios a nivel de producción de la siguiente manera:

**Figura 1***Desperdicios en producción*

Desperdicios en la construcción
Defectos
Demoras
Excesos de procesados
Excesos de producción
Inventarios excesivos
Transporte innecesario
Movimiento no útil de personas

### 2.1.3. Modelación tradicional en la construcción versus la filosofía Lean Construction

El modelo tradicional de construcción y el modelo Lean Construction presentan diferencias significativas en términos de enfoque, gestión de procesos, y resultados finales. A continuación, se contrastan ambos modelos:

#### *A. Modelo Tradicional de Construcción*

**Enfoque en Tareas Individuales:** Se centra en la ejecución secuencial de tareas. Cada especialidad trabaja de manera aislada, lo que a menudo lleva a una falta de coordinación y comunicación entre los distintos equipos.

**Gestión Reactiva:** Predomina una gestión reactiva a los problemas. Los retrasos y sobrecostos son comunes, y se abordan a medida que surgen.

**Planificación Centralizada:** La planificación se realiza de manera centralizada, muchas veces sin la participación de todos los involucrados en la ejecución.

**Optimización de Subprocesos:** Se busca la eficiencia en subprocesos individuales, sin una visión integrada del proyecto completo, lo que puede llevar a ineficiencias en el proceso global.

**Control Basado en el Avance de Obra:** El control se enfoca en el seguimiento del avance físico y el cumplimiento de plazos, más que en la optimización de procesos.

## **Figura 2**

### *Modelo tradicional*



### ***B. Modelo Lean Construction***

**Enfoque en el Proceso Completo:** Se enfoca en la eficiencia del proceso de construcción completo. La colaboración y la comunicación entre todas las disciplinas son fundamentales para el éxito del proyecto.

**Gestión Proactiva:** Existe una gestión proactiva de los recursos y los riesgos. Los problemas se anticipan y se gestionan antes de que afecten al proyecto.

**Planificación Colaborativa:** La planificación es un proceso colaborativo que involucra a todos los actores del proyecto, incluyendo contratistas, subcontratistas y clientes, utilizando herramientas como el Last Planner System.

**Optimización del Proceso Completo:** Se busca la eficiencia en el proceso completo de construcción, no solo en subprocesos individuales, lo que implica una reducción del desperdicio y una mejora en el flujo de trabajo.

Control Basado en la Eficiencia del Proceso: El control se centra en la eficiencia y la efectividad del proceso completo. Se utilizan métricas para medir y mejorar continuamente el rendimiento.

**Figura 3**

*Modelo Lean*



En resumen, mientras que el modelo tradicional se enfoca en la ejecución secuencial de tareas con una gestión reactiva, Lean Construction promueve una gestión proactiva y colaborativa, con un enfoque integral en la optimización de todo el proceso de construcción. Lean Construction busca minimizar los desperdicios y maximizar el valor para el cliente, lo cual se traduce en proyectos más eficientes y rentables.

#### **2.1.4. Principios de la filosofía Lean Construction**

Lean Construction es una metodología que integra los principios del Lean Manufacturing en la gestión de proyectos de construcción. Los principios básicos de Lean Construction se centran en mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y aumentar el valor para el cliente. Estos principios son fundamentales para comprender y aplicar efectivamente la metodología en cualquier proyecto de construcción (Pinzón y Millán, 2017).

El primer principio de Lean Construction es la identificación y maximización del valor para el cliente. Esto implica entender profundamente las necesidades y expectativas del cliente y alinear todos los procesos de construcción para satisfacer estas necesidades de la manera más eficiente posible. El objetivo es entregar un proyecto que no solo cumpla con los requisitos técnicos y de calidad, sino que también exceda las expectativas del cliente en términos de funcionalidad, durabilidad y estética (Osunsammi et al., 2019).

El segundo principio es la eliminación del desperdicio. En Lean Construction, el desperdicio se define como cualquier actividad que no agregue valor al cliente. Esto incluye la reducción de tiempos de espera, la minimización de errores y re-trabajos, y la optimización del uso de materiales y recursos. La eliminación del desperdicio no solo mejora la eficiencia y reduce los costos, sino que también contribuye a la entrega del proyecto en los plazos previstos (Pérez et al., 2019).

El tercer principio es la mejora continua. Lean Construction promueve una cultura de mejora continua, donde los procesos de construcción son constantemente evaluados y mejorados. Esto implica la implementación de un ciclo iterativo de planificación, ejecución, inspección y adaptación, permitiendo a los equipos aprender de los errores y hacer ajustes en tiempo real para mejorar el rendimiento del proyecto (Serpell y Verbal, 1990).

El cuarto principio es la planificación y control colaborativos. A diferencia del enfoque tradicional de construcción, donde la planificación es a menudo centralizada, Lean Construction promueve una planificación colaborativa que involucra a todos los stakeholders del proyecto, incluyendo arquitectos, ingenieros, contratistas y clientes. Esta colaboración asegura que todos los involucrados comprendan y estén

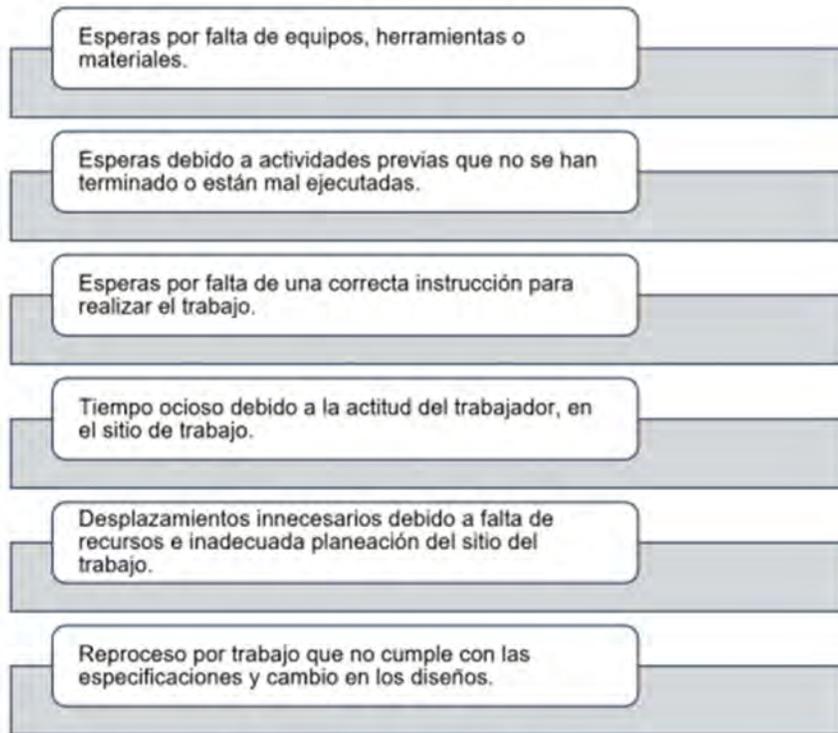
comprometidos con los objetivos del proyecto, lo que resulta en una mejor coordinación y ejecución del trabajo (Sandoval et al., 2016).

Finalmente, el quinto principio es la utilización de técnicas y herramientas específicas para implementar los principios de Lean. Herramientas como el Last Planner System (LPS) para la planificación y control de la producción, el Value Stream Mapping para analizar y mejorar los flujos de procesos, y el uso de tecnologías como el Building Information Modeling (BIM) son fundamentales para la aplicación efectiva de Lean Construction (Razo y García, 2021).

En resumen, los principios básicos de Lean Construction se centran en maximizar el valor para el cliente, eliminar el desperdicio, promover la mejora continua, fomentar la planificación y control colaborativos y aplicar herramientas y técnicas específicas. La adopción de estos principios en la gestión de proyectos de construcción conduce a una mayor eficiencia, una mejor calidad y una mayor satisfacción del cliente. La metodología Lean además, considera los trabajos no contributivos en obra, los mismos se expresan en la siguiente figura:

**Figura 4**

*Actividades no contributivas*



### **2.1.5. Implementación de la filosofía Lean Construction**

La implementación de Lean Construction en la industria de la construcción implica un cambio significativo tanto en la mentalidad como en los procesos operativos. Esta metodología, inspirada en los principios del Lean Manufacturing, busca mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y maximizar el valor para el cliente en proyectos de construcción (Pérez et al., 2019).

El primer paso en la implementación de Lean Construction es la adopción de una mentalidad Lean en todos los niveles de la organización. Esto significa comprender y comprometerse con los principios fundamentales de Lean, como la mejora continua, la eliminación de desperdicios y la maximización del valor para el cliente. Es fundamental

que esta mentalidad sea compartida por todos los participantes del proyecto, desde la alta gerencia hasta los trabajadores en el sitio de construcción (Pérez et al, 2019).

A continuación, se deben revisar y adaptar los procesos de construcción existentes para alinearlos con los principios Lean. Esto implica la identificación de actividades que no agregan valor y la implementación de estrategias para eliminarlas o minimizarlas. Por ejemplo, se pueden adoptar técnicas como la planificación colaborativa, utilizando herramientas como el Last Planner System (LPS), que involucra a todos los actores del proyecto en la planificación y gestión del trabajo, mejorando la coordinación y reduciendo los retrasos (Taype, 2018).

Otro aspecto crucial es la implementación de un sistema de retroalimentación y mejora continua. Esto significa establecer mecanismos para recopilar datos sobre el rendimiento del proyecto y utilizar esta información para realizar ajustes constantes y mejoras en los procesos. La cultura de mejora continua debe ser fomentada en todos los niveles de la organización, animando a los empleados a identificar ineficiencias y proponer soluciones (Quispe, 2017).

Además, es importante integrar tecnologías que faciliten la implementación de Lean Construction. Herramientas como el Building Information Modeling (BIM) pueden ser fundamentales para mejorar la planificación, coordinación y comunicación en los proyectos de construcción. Estas tecnologías permiten una visualización más clara del proyecto, ayudan en la toma de decisiones y mejoran la eficiencia de los procesos de construcción (Michalski et al., 2022).

Finalmente, para una implementación exitosa de Lean Construction, se requiere un compromiso a largo plazo con la formación y el desarrollo del personal. Esto implica no solo capacitar a los empleados en las herramientas y técnicas específicas de Lean,

sino también fomentar un entorno en el que se valore la colaboración, la comunicación efectiva y el aprendizaje continuo (Giménez, 2022).

En resumen, la implementación de Lean Construction es un proceso integral que requiere un cambio en la cultura organizacional, la adaptación de los procesos de construcción, la implementación de sistemas de mejora continua, la integración de tecnologías avanzadas y el compromiso con la formación continua del personal. Este enfoque no solo mejora la eficiencia y la productividad en los proyectos de construcción, sino que también resulta en una mayor satisfacción del cliente y en proyectos de mayor calidad (Garcés y Peña, 2023).

#### **2.1.6. Herramientas empleadas en la filosofía Lean Construction**

##### ***A. Carta balance***

También conocida como carta de equilibrio de cuadrillas en ingeniería civil es una herramienta de gestión utilizada para optimizar la asignación y el rendimiento de los equipos de trabajo (cuadrillas) en proyectos de construcción. Este concepto se centra en lograr un equilibrio efectivo entre la carga de trabajo y los recursos disponibles, garantizando que las cuadrillas estén equipadas adecuadamente y sean lo suficientemente flexibles para adaptarse a los diversos desafíos que surgen en un sitio de construcción (Llerena, 2019).

En el contexto de la ingeniería civil, donde los proyectos a menudo implican múltiples tareas complejas que deben realizarse simultáneamente, la carta de equilibrio de cuadrillas ayuda a los gerentes de proyecto a distribuir de manera eficiente la mano de obra y los recursos. Este equilibrio es crucial para mantener la productividad y evitar tanto el exceso como la falta de trabajadores en cualquier etapa del proyecto. La sobreasignación de personal puede llevar a un aumento innecesario en los costos

laborales, mientras que la falta de personal puede causar retrasos en el cronograma del proyecto y afectar la calidad del trabajo.

La implementación de una carta de equilibrio de cuadrillas requiere un análisis detallado de las necesidades del proyecto, incluyendo la duración y complejidad de las tareas, así como las habilidades y especializaciones de los trabajadores. Se consideran variables como la disponibilidad de los trabajadores, las condiciones del sitio de construcción, las limitaciones de tiempo y los requisitos específicos del proyecto. Basándose en este análisis, los gerentes pueden asignar cuadrillas de manera que maximicen la eficiencia, minimizando los períodos de inactividad y asegurando que el trabajo se realice dentro de los plazos y presupuestos establecidos.

Otro aspecto importante de la carta de equilibrio de cuadrillas es su capacidad para adaptarse a cambios imprevistos. En la ingeniería civil, los retrasos debido a condiciones climáticas adversas, problemas con el suministro de materiales o cambios en los diseños del proyecto son comunes. Una gestión eficaz de las cuadrillas implica ser capaz de reaccionar rápidamente a estos cambios, reasignando recursos y personal según sea necesario para mantener el proyecto en curso (Figuroa et al., 2017).

En resumen, la carta de equilibrio de cuadrillas en ingeniería civil es una herramienta valiosa para la gestión eficiente de recursos humanos en proyectos de construcción. Permite a los gerentes asignar de manera óptima las cuadrillas de trabajo, asegurando que las tareas se completen de manera eficiente, dentro del presupuesto y de acuerdo con el cronograma, a la vez que se mantiene la flexibilidad para adaptarse a los desafíos imprevistos.

## Figura 5

### *Aplicación de la carta balance*

Antes de comenzar el muestreo	Se identifica los subprocesos que integran los trabajos productivos (TP), trabajos contributivos (TC) y trabajos no contributivos (TNC)
Registrar en el formato de la herramienta Carta Balance	Realizar un registro meticuloso minuto a minuto el tipo de actividad realizado por las cuadrillas de mano de obra
Procesar la información recolectada en el Microsoft Excel	Graficar las barras de los tiempos de uso distribuidos en trabajo productivo, trabajos contributivos y trabajos no contributivos

### ***B. Nivel general de actividad***

El nivel general de actividad en la ingeniería civil se refiere a la cantidad y escala de proyectos de construcción e infraestructura que se están desarrollando en un momento dado en una región o país. Este nivel es un indicador clave del estado de la industria de la construcción y puede verse influenciado por diversos factores, incluyendo el clima económico, las políticas gubernamentales, las inversiones privadas y las tendencias del mercado (De la Vega et al., 2018).

Desde un punto de vista macroeconómico, el nivel general de actividad en la ingeniería civil es a menudo un reflejo del crecimiento económico de una región. Una alta actividad en proyectos de construcción, como la edificación de carreteras, puentes, edificios residenciales y comerciales, y otras infraestructuras, suele ser indicativa de una economía en expansión. Estos proyectos no solo generan empleo y estimulan el

crecimiento en sectores relacionados, sino que también mejoran la calidad de vida y la eficiencia de las operaciones en la región (Aparicio et al., 2023).

Por otro lado, un bajo nivel de actividad en la ingeniería civil puede ser una señal de estancamiento o recesión económica. Esto puede deberse a una variedad de factores, como una disminución en la inversión pública y privada, incertidumbre política o económica, o restricciones presupuestarias. La reducción en la construcción y el desarrollo de infraestructuras puede tener un efecto dominó en la economía, afectando no solo a los profesionales de la ingeniería civil y la construcción, sino también a las industrias relacionadas y a la economía en general (Arias y Yapuchura, 2019).

El nivel de actividad en la ingeniería civil también está influenciado por tendencias a largo plazo y cambios en las prioridades de desarrollo. Por ejemplo, el creciente enfoque en la sostenibilidad y el medio ambiente ha llevado a un aumento en proyectos de infraestructura verde y construcciones que cumplen con normas ecológicas. Además, los avances tecnológicos y la innovación en materiales y técnicas de construcción pueden abrir nuevas oportunidades y expandir el alcance de la ingeniería civil (Díaz et al., 2019).

En resumen, el nivel general de actividad en la ingeniería civil es un indicador dinámico y multifacético que refleja no solo el estado económico actual de una región, sino también sus perspectivas de desarrollo a futuro. Monitorear este nivel es crucial para los profesionales del sector, los responsables de la formulación de políticas y los inversores, ya que proporciona información valiosa para la toma de decisiones estratégicas y la planificación a largo plazo.

### ***C. Last Planner System***

El Last Planner System (LPS) es una herramienta de planificación y control de proyectos que forma parte integral de la metodología Lean Construction. Desarrollado por Glenn Ballard y Gregory Howell en la década de 1990, el LPS se centra en mejorar la fiabilidad de la planificación y la ejecución de proyectos de construcción, con un enfoque particular en la última etapa de la planificación, donde los trabajadores que ejecutan las tareas (los "últimos planificadores") tienen un papel crucial (Castro et al., 2022).

El objetivo principal del Last Planner System es aumentar la eficiencia y la efectividad del proyecto al minimizar la variabilidad y aumentar la predictibilidad en el sitio de construcción. Esto se logra a través de una serie de procesos colaborativos y participativos que involucran a todos los actores del proyecto, desde los gerentes hasta los trabajadores en el sitio. El LPS se diferencia de los métodos tradicionales de planificación en que no se basa únicamente en la programación top-down (de arriba hacia abajo), sino que incorpora una visión bottom-up (de abajo hacia arriba), recogiendo aportes y compromisos de aquellos que están directamente involucrados en la obra (Alcaide y Ruiz, 2021).

El sistema se estructura en torno a cuatro niveles de planificación: planificación maestra, planificación faseada, planificación semanal, y planificación diaria. Cada nivel se enfoca en un horizonte temporal diferente y tiene objetivos específicos. Por ejemplo, la planificación maestra establece el marco general del proyecto, mientras que la planificación semanal y diaria se centra en tareas específicas y en cómo serán ejecutadas eficientemente en el sitio (Acosta, 2018).

Una de las características clave del Last Planner System es la reunión de planificación semanal, donde los últimos planificadores (usualmente supervisores de cuadrillas o capataces) se reúnen para discutir y comprometerse con las tareas que se llevarán a cabo la siguiente semana. Durante estas reuniones, se identifican y eliminan posibles obstáculos para la realización de las tareas, asegurando que todos los recursos necesarios estén disponibles y que las tareas puedan completarse sin interrupciones (Castaño et al., 2021).

El LPS también enfatiza la importancia del aprendizaje y la mejora continua. Después de cada ciclo de planificación, se realiza una revisión para analizar qué tareas se completaron según lo planeado y cuáles no, y por qué. Esta retroalimentación es vital para identificar áreas de mejora y para ajustar los procesos de planificación futuros.

En resumen, el Last Planner System es una herramienta poderosa en la gestión de proyectos de construcción que busca mejorar la predictibilidad y la eficiencia en la entrega de proyectos. Al involucrar activamente a los trabajadores en la planificación y ejecución, y al enfocarse en la eliminación de obstáculos y la mejora continua, el LPS ayuda a asegurar que los proyectos de construcción se completen de manera oportuna, dentro del presupuesto y con alta calidad (Cruz y Centeno, 2019).

**Figura 6***Last Planner System*

### 2.1.7. Calidad en la construcción

La calidad en la construcción se refiere a la medida en que un proyecto de construcción cumple o supera los estándares y expectativas establecidos en términos de diseño, materiales, mano de obra, eficiencia y funcionalidad. Es un indicador crítico del éxito de un proyecto y afecta directamente la satisfacción del cliente, la sostenibilidad del edificio y la reputación a largo plazo de las empresas involucradas (Flores, 2022).

En el contexto de la construcción, la calidad abarca varios aspectos. Primero, está la calidad del diseño, que incluye la estética, la funcionalidad y la adaptabilidad del proyecto a las necesidades y deseos del cliente. Un buen diseño también debe considerar la eficiencia energética, la sostenibilidad y la integración con el entorno. Luego, está la calidad de los materiales utilizados, que debe asegurar durabilidad, resistencia y compatibilidad con el diseño y el propósito del edificio. Los materiales de baja calidad

pueden llevar a fallas estructurales, problemas estéticos y la necesidad de reparaciones frecuentes (González y Estrada, 2015).

La calidad de la mano de obra es igualmente crucial. Esto incluye la habilidad y la competencia de los trabajadores, así como la eficiencia y precisión con la que se ejecutan las tareas de construcción. Una mano de obra calificada es esencial para asegurar que los aspectos del diseño se implementen correctamente y que los materiales se utilicen de manera efectiva.

Además, la calidad en la construcción también implica el cumplimiento de todas las normativas y estándares de construcción relevantes, que incluyen códigos de seguridad, regulaciones ambientales y estándares de la industria. Estos estándares son fundamentales para asegurar no solo la integridad estructural y la seguridad de los edificios, sino también su impacto ambiental y su sostenibilidad a largo plazo (Huapaya y Torres, 2021).

Finalmente, la gestión de la calidad es un aspecto integral del proceso de construcción. Esto incluye la implementación de sistemas y procesos para controlar y mejorar la calidad en todas las etapas del proyecto, desde la concepción hasta la entrega final. La gestión eficaz de la calidad implica la identificación y resolución proactiva de problemas, la inspección y el control regulares, y la retroalimentación continua para mejorar los procesos y resultados.

#### **2.1.8. Herramientas de calidad**

Las herramientas de calidad en obras de construcción civil son esenciales para asegurar que los proyectos se completen con éxito, cumpliendo con los estándares de calidad deseados. Estas herramientas abarcan una variedad de técnicas y procesos

diseñados para mejorar la eficiencia, minimizar errores y garantizar la satisfacción del cliente.

Una de las herramientas más fundamentales es la planificación de calidad, que implica definir los estándares de calidad deseados para el proyecto y establecer cómo se van a alcanzar. Esto incluye la selección de materiales adecuados, la definición de procesos de trabajo y la especificación de controles de calidad en todas las etapas de la construcción (Miranda y Torobisco, 2019).

Otra herramienta clave es el control de calidad, que se refiere a las actividades y técnicas utilizadas para cumplir con los estándares de calidad definidos. Esto incluye inspecciones regulares, pruebas de materiales y procesos, y la supervisión constante del trabajo en el sitio. El control de calidad ayuda a identificar y corregir problemas a medida que surgen, evitando costosas correcciones después de la finalización del proyecto (Navarro y Lanzón, 2018).

La garantía de calidad es también vital, la cual implica un conjunto de procesos diseñados para asegurar que los sistemas de calidad se estén siguiendo correctamente y que los resultados deseados se estén alcanzando de manera consistente. Esto a menudo incluye auditorías internas y externas, revisiones de procesos y la implementación de sistemas de gestión de calidad, como ISO 9001.

Las herramientas estadísticas de calidad, como el análisis de causa raíz, los diagramas de Ishikawa (también conocidos como diagramas de espina de pescado) y el control estadístico de procesos, son también ampliamente utilizadas. Estas herramientas ayudan a identificar las causas de los problemas de calidad y a monitorear la variabilidad en los procesos de construcción para prevenir defectos.

Además, la mejora continua es un enfoque clave en la construcción civil. Herramientas como el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) se utilizan para mejorar constantemente los procesos de construcción, asegurando que la calidad se incremente de manera continua a lo largo del tiempo.

Por último, la gestión de la calidad también involucra a las personas. La capacitación y el desarrollo de los trabajadores son cruciales para asegurar que todos en el sitio comprendan los estándares de calidad y se comprometan a alcanzarlos. Esto incluye no solo la capacitación técnica, sino también la concienciación sobre la importancia de la calidad en la construcción.

### **2.1.9. Productividad**

La productividad en la construcción civil se refiere a la eficiencia con la que se utilizan los recursos, incluyendo mano de obra, materiales y equipo, para completar un proyecto de construcción. Es una medida de cuán efectivamente se convierten estos insumos en salidas, como edificios, carreteras o puentes. La productividad en este sector es crucial, ya que afecta directamente la rentabilidad, los plazos de entrega del proyecto, la calidad del trabajo finalizado y, en última instancia, la satisfacción del cliente.

Una alta productividad en la construcción civil significa que los proyectos se completan utilizando menos recursos y tiempo, sin comprometer la calidad. Esto se logra a través de una planificación eficiente, la gestión de la mano de obra, el uso efectivo de materiales y la implementación de tecnologías y procesos modernos. Por ejemplo, el uso de software de modelado de información de construcción (BIM) puede mejorar la eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos, mientras que la adopción de técnicas de construcción modernas puede acelerar los tiempos de construcción y reducir el desperdicio.

La productividad en la construcción también está influenciada por factores como las habilidades y la experiencia de la fuerza laboral, la calidad de la gestión del proyecto, y las condiciones de trabajo en el sitio de construcción. Una mano de obra bien capacitada y motivada, una gestión eficaz y un entorno de trabajo seguro y organizado pueden contribuir significativamente a mejorar la productividad.

Sin embargo, medir la productividad en la construcción civil puede ser complejo, debido a la naturaleza única de cada proyecto, la diversidad de tareas involucradas y las variables externas como las condiciones climáticas o los retrasos en la entrega de materiales. A pesar de estos desafíos, la mejora de la productividad sigue siendo un objetivo clave para las empresas de construcción, ya que un aumento en la productividad lleva a una mayor competitividad, rentabilidad y capacidad para entregar proyectos exitosos.

#### ***A. Productividad de la mano de obra***

La productividad de la mano de obra en cualquier sector, incluyendo la construcción civil, se refiere a la cantidad y calidad del trabajo producido en relación con los recursos laborales empleados. Es un indicador esencial de eficiencia y eficacia en el uso de la fuerza laboral. En la construcción, esto significa medir cuánto trabajo constructivo se completa en un período de tiempo dado, tomando en cuenta el número de trabajadores y las horas trabajadas.

Una alta productividad de la mano de obra implica que los trabajadores son capaces de completar más tareas o producir más resultados en menos tiempo, sin sacrificar la calidad del trabajo. Esto es crucial en la industria de la construcción, donde los plazos de entrega ajustados y los presupuestos controlados son la norma. Mejorar la productividad de la mano de obra puede llevar a la finalización más rápida de proyectos,

reducción en los costos laborales y, en última instancia, a un aumento en la rentabilidad del proyecto.

Varios factores influyen en la productividad de la mano de obra en la construcción. Estos incluyen, pero no se limitan a, la capacitación y habilidades de los trabajadores, la calidad de la gestión y supervisión, la eficiencia de los procesos y métodos de trabajo, la motivación y satisfacción de los empleados, y las condiciones del sitio de trabajo. Por ejemplo, trabajadores bien capacitados y experimentados son más propensos a ejecutar tareas de manera eficiente y efectiva. Del mismo modo, una buena gestión de proyectos y una supervisión eficaz pueden minimizar el tiempo perdido y maximizar la productividad de los trabajadores.

Además, la tecnología y la innovación juegan un papel importante en la mejora de la productividad de la mano de obra. El uso de herramientas modernas y equipos puede acelerar significativamente los procesos de construcción y reducir la carga física en los trabajadores. Igualmente, la implementación de software de gestión de proyectos y otras soluciones tecnológicas puede mejorar la planificación, la comunicación y la coordinación en el sitio de trabajo.

Sin embargo, la productividad de la mano de obra no solo se trata de trabajar más rápido o de manera más eficiente. También implica consideraciones sobre la seguridad en el trabajo, la salud de los empleados y el equilibrio entre la vida laboral y personal. Un ambiente de trabajo seguro y saludable mejora la moral de los empleados y reduce el ausentismo, lo cual a su vez afecta positivamente la productividad.

### ***B. Trabajo contributivo***

El trabajo contributivo, en el contexto de la gestión de proyectos y la productividad laboral, se refiere a las actividades que, aunque no son directamente productivas en el sentido tradicional, son esenciales para facilitar y apoyar el trabajo productivo. Este tipo de trabajo incluye tareas de planificación, coordinación, supervisión y otras funciones administrativas que son necesarias para el buen funcionamiento de un proyecto. En la industria de la construcción, por ejemplo, el trabajo contributivo puede incluir la programación de tareas, la gestión de suministros, la preparación del sitio de trabajo y la supervisión de la seguridad.

El valor del trabajo contributivo a menudo radica en su capacidad para mejorar la eficiencia y la efectividad del trabajo productivo. Si bien estas tareas no generan directamente un resultado final tangible, contribuyen significativamente al éxito de un proyecto al asegurar que los recursos se utilicen de manera eficiente, que los procesos se sigan correctamente y que los problemas se resuelvan de manera proactiva. En última instancia, el trabajo contributivo es crucial para mantener la calidad y la consistencia del trabajo productivo, y su importancia no debe subestimarse en la planificación y ejecución de cualquier proyecto.

### ***C. Trabajo no contributivo***

El trabajo no contributivo, en el contexto de la gestión de proyectos y la productividad, se refiere a actividades que no añaden valor directo ni apoyan efectivamente la consecución de los objetivos del proyecto. Estas tareas pueden ser vistas como ineficiencias o desperdicios dentro del proceso, ya que consumen recursos, como tiempo y esfuerzo, pero no contribuyen a avanzar el proyecto de manera significativa. En la construcción, por ejemplo, el trabajo no contributivo puede incluir

tiempos de espera excesivos, movimientos innecesarios de trabajadores o materiales, y tareas realizadas de forma incorrecta que requieren rehacerse.

Identificar y minimizar el trabajo no contributivo es fundamental para mejorar la eficiencia y efectividad de un proyecto. Estas actividades no solo representan un uso ineficiente de recursos, sino que también pueden causar retrasos y aumentar los costos. En la metodología Lean y otras prácticas de gestión de proyectos, gran parte del enfoque está en eliminar o reducir este tipo de trabajo. Esto se logra mediante la mejora continua de los procesos, la planificación efectiva y la implementación de prácticas de trabajo eficientes. Al identificar y eliminar el trabajo no contributivo, los proyectos pueden completarse de manera más eficiente, dentro del presupuesto y con una mayor satisfacción del cliente.

#### **2.1.10. Estructuras metálicas**

Las estructuras metálicas en la construcción son un tipo de sistema estructural donde el acero y otros metales son los componentes principales utilizados para soportar y mantener la integridad de un edificio o una infraestructura. Estas estructuras se caracterizan por su resistencia, durabilidad y flexibilidad, lo que las hace ideales para una amplia gama de aplicaciones en la construcción, desde edificios residenciales y comerciales hasta puentes, torres y estructuras industriales. El acero es el material más comúnmente utilizado en las estructuras metálicas, debido a su alta resistencia a la tracción y su capacidad para soportar cargas pesadas, aunque también se pueden utilizar otros metales como el aluminio en ciertas aplicaciones.

La fabricación de estructuras metálicas implica procesos de corte, conformado y ensamblaje de componentes metálicos, que a menudo se realizan en un taller y luego se transportan al sitio de construcción para su montaje. Este método de construcción

prefabricada permite una construcción más rápida y eficiente en comparación con los métodos de construcción tradicionales. Además, las estructuras metálicas ofrecen una gran flexibilidad en términos de diseño arquitectónico, ya que permiten la creación de grandes espacios abiertos sin columnas intermedias, lo que es ideal para edificios como almacenes, gimnasios y auditorios. Otra ventaja significativa de las estructuras metálicas es su capacidad para resistir condiciones ambientales adversas, incluyendo vientos fuertes, terremotos y nieve pesada, lo que las hace una opción popular en áreas propensas a tales fenómenos.

### **III. MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación se amparó bajo un paradigma positivista de enfoque cuantitativo, ya que, por medio de parámetros o características numéricas, se dará respuesta a los objetivos planteados dentro de la presente investigación; asimismo, permitió establecer parámetros y rangos comparativos en cuanto al abordaje de la metodología lean construction y herramientas de la calidad para la mejora de la productividad por medio de análisis de resultados cuantificables que servirán para la comparación con la normativa nacional e internacional regulatoria para la construcción civil (Sánchez, 2019).

Asimismo, la investigación respondió a un diseño descriptivo de tipología aplicada. En tal virtud Díaz et al. (2021), establece que los estudios descriptivos se fundamentan en la recopilación de información necesaria para establecer parámetros conductuales de los fenómenos o características intrínsecas dentro de un contexto situacional de estudio, aunado a ello, esta recaudación de información de campo promueve la comprensión del tipo de gestión establecido dentro del sector de análisis.

Y; finalmente, la investigación buscó un resultado diferente de lo que ya existe, haciendo uso de las metodologías en cuestión y, lo que es más importante, de una recogida de datos fiable, por lo que sólo puede considerarse retrospectiva. Además, es longitudinal porque se realizarán muchas mediciones diferentes.

#### **3.2. Ámbito temporal y espacial**

Desde una perspectiva o ámbito espacial, el Proyecto de mejoramiento de los servicios de salud del Hospital de Apoyo Recuay ubicado en la provincia de Ancash 7GCW+QMF, Recuay 02405.

Asimismo, desde una perspectiva temporal, se tomó en consideración un periodo de 3 meses para la ejecución del proyecto de investigación; y, la toma de información de obra ejecutada en 3 meses de planificación de campo. La metodología será aplicada al casco estructural de todo el proyecto en cuestión encontrándose en un porcentaje de progreso del 20% actual.

### **3.3. Variables**

#### **V. Independiente**

Metodología Lean Construction y herramientas de calidad

Dimensiones:

- 1) Herramientas carta blanca
- 2) Análisis de restricciones
- 3) Diagrama de flujo
- 4) Diagrama Ishikawa

#### **V. Dependiente**

Productividad

Dimensiones:

- 1) Trabajo productivo
- 2) Trabajo contributivo
- 3) Trabajo no contributivo

### **3.4. Población y muestra**

Se tomó como población la ejecución de la obra de mejoramiento de los servicios de salud en cuanto a fabricación y montaje de estructuras metálicas del hospital Recuay para el aprovisionamiento de estrategias de ejecución fundamentadas en la implementación de la

metodología Lean construction y herramientas de calidad para mejorar la productividad de obra.

La muestra se centró en el análisis del casco estructural de la obra en cuestión con enfoque de estructuras la cual será determinada por medio de la metodología Lean construction para alcanzar una mayor productividad. Se toma en consideración las siguientes estructuras y alcances del proyecto: ingeniería de detalle de las estructuras metálicas de las edificaciones aisladas, no aisladas y exteriores; suministro e instalación de anclajes; suministro e instalación de estructuras metálicas; suministro e instalación de coberturas y accesorios; suministro e instalación de canaletas; y, pruebas.

Para las condiciones de la estructura y cobertura que debe poseer la obra, se presenta lo siguiente:

- La estructura de la cobertura del edificio principal aislado incluido cobertura, canaletas, faldas, cobertura lateral flashing, se debe considerar todo lo necesario con la finalidad que la cobertura sea impermeable.
- La estructura y cobertura del Ingreso principal se deberá considerar la instalación de los pernos de empotramiento de las estructuras de soporte vertical.
- Para la marquesina de la edificación No aislada (bloque 2, bloque 8, TBC e ingreso peatonal) y edificio principal aislada debe incluir el suministro de los anclajes con plancha metálica para que sea colocado de manera oportuna por el subcontratista de estructuras de concreto. Si éste no es suministrado en el plazo acordado con obra, el postor adjudicado será el responsable de la colocación de los pernos de anclaje aprobado previo diseño. Asimismo, se debe considerar flashing, tirantes metálicos, pernos, cobertura, soldaduras, y todo lo necesario según diseño para soporte.

- Para la marquesina N°5 ubicado en el tanque de petróleo, el postor adjudicado debe considerar el sistema de empotramiento, según el diseño ídem con las demás estructuras; considerar, flashing, soldaduras, malla de cobertura, cobertura, pernos, todo lo necesario según diseño para soporte.
- La estructura y cobertura metálica en ingreso peatonal a TBC, TBC, Bloque 8, ingreso peatonal (entre edificación aislada y bloque 8), ingreso peatonal de emergencias, ambulancias, gruta de la Virgen, deberán considerar el sistema de empotramiento, según el diseño ídem con las demás estructuras; considerar flashing, soldaduras, malla de cobertura, coberturas, pernos, cunetas y bajantes de los montantes según alcance, todo lo necesario según diseño para soporte.
- Los ingresos requerirán para el soporte del acabado alucín o aluminio decorativo de estructuras metálicas las cuales deberán ser calculados por los postores.
- Toda estructura metálica con su cobertura deberá pasar prueba de hermeticidad, entre los flashing y el acabado de la estructura se deberá usar un sello de alta resistencia para evitar las imperfecciones y la formación de hongos.
- Todo elemento de acero debe considerar un tratamiento de arenado previo al pintado.
- Todas las estructuras deberán contar con base epoxica 2 capas y 2 capas de pintura, deberán considerar el resane de cualquier rayadura, el acabado del resane debe ser imperceptible, no usar brocha.
- El postor ganador deberá garantizar el correcto montaje y funcionamiento de las coberturas y de las canaletas, dejando conectado con las tuberías (bajadas), hasta nivel de piso de correspondiente o más próximo.

- El postor deberá considerar los trabajos de desmontaje y montaje de la cobertura en la azotea de la edificación aislada, para el izaje de los equipos de HVAC. Considerando el mes de abril 2023 su ejecución.
- El postor debe considerar los plazos para realizar las pruebas sin afectar los acabados ya entregados, asimismo, debe de cuidar los acabados, que vaya encontrando en cada área a intervenir, de encontrarse algún deterioro en un área de trabajo por la cual han pasado, se les pedirá que lo reparen o caso contrario, se pedirá al Sub-Contratista que desarrolle el acabado deteriorado que lo reponga, dicho costo será descontado de su valorización más un incremento por la gestión del consorcio.

### **3.5. Instrumentos**

Se consideró como instrumentos para la recolección de información los cuadros de restricciones, las actividades, los responsables y los reportes de avance de obra. Asimismo, esto promovió la determinación de formatos de análisis de restricciones y LookAhead.

### **3.6. Procedimientos**

Los datos para recolectar fueron proporcionados por las contratistas que tuvieron los planos definitivos firmados. Además, se contactó de igual forma con el expediente final que se entregó a la empresa ejecutora. Asimismo, los datos recolectados fueron revisados para su respectivo estudio estadístico. Se compararon con el planeamiento planteado por nuestros mismos en la cual se verán los tiempos y costos reales de ejecución del proyecto utilizando herramientas como el Last Planner y Lookahead

Para cada uno de los objetivos mencionados, aquí se describen los pasos necesarios para implementar las herramientas específicas que mejorarán la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas en el Hospital de Apoyo Recuay:

### ***3.6.1. Implementación de la herramienta Carta Balance***

Paso 1: Identificación de actividades - Enumerar todas las actividades involucradas en la fabricación y montaje de las estructuras metálicas, desde la recepción de materiales hasta la instalación final.

Paso 2: Medición del tiempo - Medir el tiempo actual que cada actividad toma para completarse utilizando observaciones directas o datos históricos.

Paso 3: Diseño de la Carta Balance - Crear un diagrama que represente visualmente el flujo de actividades, destacando el tiempo de ciclo para cada paso y comparándolo con el tiempo takt, que es el ritmo al que deben completarse las actividades para satisfacer la demanda del cliente.

Paso 4: Identificación de desequilibrios - Usar la Carta Balance para identificar actividades que están desbalanceadas en términos de tiempo de ciclo, donde algunas tareas puedan estar tomando más tiempo que otras.

Paso 5: Optimización - Proponer y aplicar mejoras para equilibrar el flujo de trabajo, asegurando que todas las actividades estén sincronizadas para optimizar el uso de recursos y reducir el tiempo de espera.

### ***3.6.2. Implementación del análisis de restricciones***

Paso 1: Identificación de restricciones - Determinar cuáles son los cuellos de botella en el proceso de fabricación y montaje que limitan la capacidad general de producción.

Paso 2: Análisis de la restricción - Analizar la restricción más crítica para entender sus causas y cómo afecta al proceso global.

Paso 3: Subordinación - Ajustar otros procesos para asegurar que la restricción nunca esté inactiva y que otros procesos se alineen con el ritmo de la restricción.

Paso 4: Optimización de la restricción - Implementar soluciones específicas para mejorar la capacidad de la restricción, como puede ser mejoras en la maquinaria, capacitación del personal o cambios en la programación del trabajo.

Paso 5: Reevaluación - Una vez ajustada la restricción, revisar el proceso para identificar y manejar la siguiente restricción.

### ***3.6.3. Implementación del diagrama de flujo***

Paso 1: Documentación de procesos - Documentar detalladamente cada paso del proceso de fabricación y montaje, incluyendo entradas, salidas y responsabilidades.

Paso 2: Creación del diagrama de flujo - Utilizar un software de diagramación o dibujo manual para crear un diagrama de flujo que visualice el proceso completo, mostrando cómo las actividades están conectadas.

Paso 3: Análisis de flujo - Revisar el diagrama para identificar redundancias, cuellos de botella, y oportunidades de simplificación o automatización.

Paso 4: Implementación de mejoras - Modificar el proceso según lo identificado en el análisis para hacerlo más eficiente.

Paso 5: Monitoreo y ajuste - Continuar monitoreando el proceso ajustado y hacer cambios adicionales según sea necesario para mantener la productividad.

### ***3.6.4. Implementación del diagrama Ishikawa***

Paso 1: Identificación de problemas - Definir claramente el problema de productividad que necesita ser mejorado.

Paso 2: Creación del diagrama Ishikawa - Dibujar una línea principal representando el problema y ramas que indiquen las posibles causas de categorías como métodos, materiales, mano de obra, máquinas, medio ambiente y medidas.

Paso 3: Brainstorming de causas - Realizar sesiones de brainstorming con el equipo involucrado para identificar causas específicas que contribuyen al problema.

Paso 4: Análisis de causas - Priorizar las causas por su impacto y factibilidad de solución.

Paso 5: Implementación de soluciones - Desarrollar e implementar acciones para eliminar o reducir las causas identificadas.

Paso 6: Evaluación - Revisar el efecto de las soluciones implementadas y ajustar según sea necesario.

### **3.7. Análisis de datos**

El análisis de los datos se abordará por medio de estadística descriptiva que englobará gráfico de barras y tablas de frecuencia y porcentaje con la información que se obtendrá de campo. Esto promoverá la generación de las pérdidas de tiempo y costos que se dan en la construcción de gran escala. Se abordará también formatos con programaciones diaria y semanales.

### **3.8. Consideraciones éticas**

A fin de salvaguardar la identidad de los participantes se trabajó con herramientas estandarizadas como la Norma Técnica en los cuales no figuran datos o formas de identificar al examinado, siendo el carácter normativo lo que definirá esta aplicación. Asimismo, antes de la aplicación o comparativa de la norma, el análisis y recaudación de la información de campo se realizará posterior a la aprobación por parte de las autoridades correspondientes, sobre los alcances del estudio, el uso de los datos, mediante la lectura de una carta de consentimiento del

participante, quedando en la elección personal de ellos si se quedan o se retiran del ambiente donde se aplicaron la recolección de las muestras y de la información.

## IV. RESULTADOS

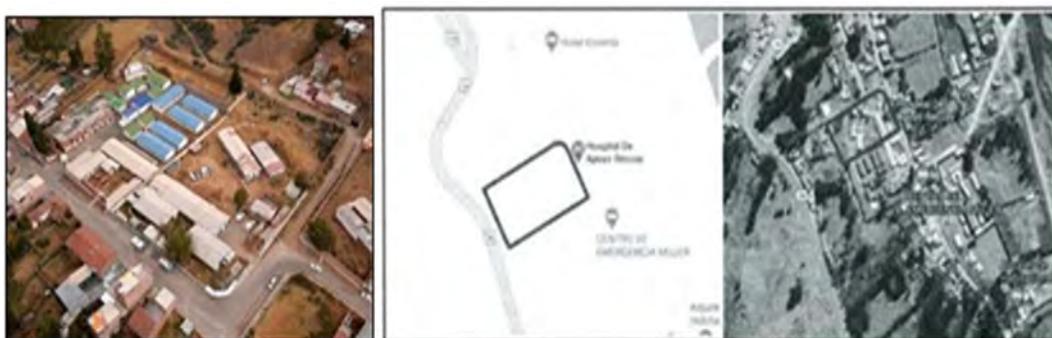
### 4.1. Generalidades del proyecto

#### 4.1.1. Ubicación de la zona de estudio

El terreno para la ejecución de esta obra se encuentra ubicado en el Jr. Bolívar N° 200, en el distrito de Recuay, provincia de Recuay, Región Ancash. Está localizado a Latitud 9°43'23.9" S, Longitud 77°26'35.9" W y a una Altitud de 3394 m.s.n.m.

#### Figura 7.

*Vista de la ubicación general del terreno*



#### 4.1.2. Alcance de los trabajos

Previo al inicio de las actividades, el postor deberá haber presentado su Plan de Ejecución, Plan de Manejo Ambiental y la planificación de las labores, siguiendo los lineamientos de la metodología Last Planner. Dichos documentos deberán ajustarse a los plazos establecidos por el contratante.

Asimismo, el postor deberá prever y contar con todos los recursos necesarios para la ejecución eficiente de las tareas, cumpliendo con los estándares de producción, calidad y seguridad. Deberá incluir la movilización de sus equipos hacia la obra, los implementos requeridos para su operación y la desmovilización una vez finalizados los trabajos. Además, se

deben contemplar jornadas de trabajo en doble turno para garantizar el cumplimiento del servicio.

El postor deberá considerar la instalación de iluminación provisional en las áreas donde se desarrollen las labores, en caso de que sea necesario. El consorcio proporcionará un punto de suministro eléctrico de 380v/220v; si se requiere un voltaje o frecuencia diferente, será responsabilidad del postor proveerlo.

Asimismo, será indispensable que el postor disponga de los recursos necesarios para vigías, señalización y comunicación que garanticen el correcto funcionamiento y la seguridad en la operación de equipos de maquinaria pesada, así como la adecuada interacción entre operadores y equipos. Las actividades del proyecto deberán llevarse a cabo bajo la supervisión de un encargado de campo y un supervisor de seguridad.

#### **4.1.3. Normativas referenciales**

Todos los trabajos deben realizarse considerando las buenas prácticas respetando la normativa vigente nacional e internacional aplicable a la especialidad:

- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- R.N.E. Norma E090 “Estructuras Metálicas”.
- AWS-D1.1-2015 Structural Welding Code – Steel.
- ASTM-A36/A36M Carbon Structural Steel
- ASTM-A325 Standard Specification for Structural Bolts
- ASTM-A307 Standard Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints
- ASTM-A500 Standard Specification for ColdFormed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes.
- SSPC-PA1 Mantenimiento de Pintado de Acero en Taller y Obra
- SSPC-PA2 Medición de espesores de película seca

- SSPC-SP 6 Limpieza con chorro abrasivo grado comercial.

Consecuentemente, se garantizó el cumplimiento con la normativa y legislación del Estado actual concerniente a la seguridad en general y parámetros ambientales.

- Ley 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- DS 005-2012-TR Que reglamenta la Ley 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- RM 050-2013-TR
- Ley 27314 Ley General de Residuos Sólidos, Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobada mediante Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.
- DS 057-2004-PCM Que Reglamenta la Ley 27314
- Decreto Supremo 003-2013: Reglamento que regula la gestión y manejo de residuos generados por actividades de construcción y demolición.
- Normativa legal vigente para la pandemia por COVID-19: Disposiciones legales emitidas por las autoridades nacionales, regionales y locales con el propósito de mitigar los efectos ocasionados por la pandemia de COVID-19.
- Reglamento de la Ley General de Inspección del Trabajo: Aprobado mediante el Decreto Supremo N° 019-2006-TR y actualizado por el Decreto Supremo N° 008-2020-TR, establece las directrices para la supervisión y cumplimiento de las normas laborales.

#### **4.1.4. Memoria técnica y programación de la obra**

Junto con la oferta, deberá entregarse una memoria descriptiva y técnica (Memoria Técnica) detallada, que explique cómo se llevarán a cabo los trabajos, incluyendo el suministro de materiales, provisiones, recursos, el personal asignado (tanto operativo como directivo), así

como los nombres y currículum de los responsables del diseño y ejecución, además de los equipos involucrados.

La programación de los trabajos deberá desarrollarse utilizando el Método de Camino Crítico, permitiendo evaluar la ejecución integral de la obra y los recursos que el postor empleará. Este programa incluirá la siguiente documentación:

- Un listado codificado de todas las actividades a realizar, especificando para cada una la duración, relaciones de precedencia, procedimientos de ejecución, personal y equipos a emplear, jornadas de trabajo, entre otros.
- Un listado de las fechas de inicio y finalización, tanto tempranas como tardías, para cada actividad, indicando los márgenes de flotación, ya sean libres o totales.
- Un cronograma de obras y/o servicios en formato de diagrama de barras, que identifique los eventos de especial relevancia.
- Una descripción breve del sistema utilizado para determinar el camino crítico.
- El postor adjudicado deberá coordinar con las demás subcontratistas del consorcio para garantizar una ejecución eficiente y sin retrasos en la obra. Para ello, deberá remitir su programación diaria y participar en las reuniones de Last Planner, organizadas por las áreas de Producción y Planeamiento, asegurando que la coordinación no afecte ni retrase los trabajos programados.

#### **4.1.5. Ejecución de trabajos**

La ejecución del servicio comenzará tras la entrega de la buena PRO, formalizada mediante una carta de adjudicación. Antes de iniciar las actividades, el postor deberá presentar su Plan de Ejecución, Plan de Manejo Ambiental (si corresponde) y la planificación de trabajos, elaborados bajo los lineamientos de la metodología Last Planner y ajustados a las fechas establecidas por el contratante.

El postor adjudicado deberá garantizar el cumplimiento de la fecha prevista para la culminación de actividades, de acuerdo con el cronograma. El plazo de ejecución será medido en días calendario, y no se establecerán restricciones horarias, permitiendo, si es necesario, la implementación de horarios extendidos en dos o tres turnos.

Será responsabilidad del postor estimar y disponer de todos los recursos necesarios para la adecuada ejecución de las labores, cumpliendo con estándares de producción, calidad y seguridad. Además, deberá considerar la movilización de equipos hacia la obra, los implementos necesarios para su operación, así como su posterior desmovilización. También deberá proveer todos los insumos requeridos para el funcionamiento de sus equipos.

El postor deberá entregar las fichas técnicas de materiales y equipos al menos cinco días antes de ingresarlos a la obra, para su revisión y aprobación. Las actividades se desarrollarán en áreas que demanden medidas específicas, permisos y coordinaciones para el acceso del personal, equipos y materiales, además de la gestión adecuada de los residuos, garantizando que no interfieran con las operaciones propias de la obra.

Tanto el personal como el equipamiento del postor deberán permanecer dentro de las zonas designadas como límites de construcción por el Consorcio Suyay II, minimizando el impacto en los exteriores. Adicionalmente, los vehículos destinados al transporte de materiales deberán cumplir con las normas de seguridad establecidas por el Consorcio Suyay II.

El contratista adjudicado deberá velar por la protección de las propiedades donde se ejecuten los trabajos, así como de los predios colindantes. Será responsable de cualquier daño ocasionado por su personal, materiales o equipo. En las áreas que limiten con zonas de no intervención, las coordinaciones deberán realizarse con al menos dos días hábiles de anticipación a través del Consorcio Suyay II.

El adjudicatario tendrá la obligación de gestionar el almacenamiento, la seguridad y el control de la maquinaria y otros elementos necesarios para la ejecución de las labores. Esto implica implementar medidas preventivas que eviten daños o robos a sus materiales y equipos. El Consorcio Suyay II estará facultado para rechazar cualquier trabajo o instalación, parcial o total, que no cumpla con las especificaciones establecidas en los documentos contractuales anexos al subcontrato.

El postor deberá instalar equipos de iluminación puntual en la obra, con tableros regulados, reflectores y extensiones. Los cables de alimentación hacia los tableros generales e iluminación deberán estar claramente señalizados y, de ser posible, contar con soportes para prevenir accidentes. El consorcio proporcionará un punto de energía trifásica de 380/220 V, 60 Hz; si se requiere un voltaje diferente, será responsabilidad del subcontratista.

El contratista deberá tener pleno conocimiento de las condiciones climáticas y del sitio de trabajo. Además, se encargará de implementar medidas de protección colectiva necesarias para el proceso constructivo, respetando el avance según la sectorización aprobada en el plan de trabajo. También deberá cumplir con los lineamientos del Plan de Seguridad, manteniendo las áreas intervenidas limpias al concluir las actividades, permitiendo la continuidad de las operaciones.

Será indispensable contar con un plan de mitigación de lluvias, ya sea mediante la instalación de toldos u otros medios adecuados. Durante la planificación, deberá determinarse el equipo de protección personal necesario, incluyendo señalización, respiradores, líneas de vida, escaleras, andamios, redes, y protecciones específicas para rostro, oídos y manos, entre otros.

El contratista deberá contar con un técnico especializado en topografía y los equipos necesarios para realizar las mediciones y garantizar el control topográfico durante la ejecución

de las actividades, incluyendo el nivelado. En caso de pérdida o hurto de materiales en obra, el contratista afectado deberá reponerlos, asumiendo los costos, que serán descontados de su valorización junto con un recargo por la gestión del consorcio. Asimismo, deberá disponer de dos vigilantes que brinden seguridad las 24 horas para proteger los almacenes y los acabados de la obra.

Cualquier incompatibilidad no reportada con al menos 15 días de anticipación será responsabilidad del contratista. Los sistemas implementados y suministrados deberán cumplir con las normativas nacionales e internacionales vigentes, incluyendo todos los componentes que garanticen su correcto montaje y funcionamiento.

El contratista adjudicado deberá colaborar con otras subcontratistas del consorcio para coordinar las actividades en la obra, asegurando una ejecución eficiente y sin retrasos. Para ello, deberá presentar su programación diaria y participar en las reuniones del sistema Last Planner, lideradas por el área de Producción y Planeamiento.

Finalmente, cualquier retraso atribuible al contratista que provoque la paralización de actividades subsecuentes o genere costos adicionales será asumido por el mismo.

#### **4.1.6. Condiciones de la estructura y cobertura**

- La estructura de la cobertura del edificio principal aislado incluido cobertura, canaletas, faldas, cobertura lateral flashing, se debe considerar todo lo necesario con la finalidad que la cobertura sea impermeable.
- La estructura y cobertura del Ingreso principal se deberá considerar la instalación de los pernos de empotramiento de las estructuras de soporte vertical.
- Para la marquesina de la edificación No aislada (bloque 2, bloque 8, TBC e ingreso peatonal) y edificio principal aislada debe incluir el suministro de los anclajes con plancha metálica para que sea colocado de manera oportuna por el subcontratista

de estructuras de concreto. Si éste no es suministrado en el plazo acordado con obra, el postor adjudicado será el responsable de la colocación de los pernos de anclaje aprobado previo diseño. Asimismo, se debe considerar flashing, tirantes metálicos, pernos, cobertura, soldaduras, y todo lo necesario según diseño para soporte.

- Para la marquesina N°5 ubicado en el tanque de petróleo, el postor adjudicado debe considerar el sistema de empotramiento, según el diseño ídem con las demás estructuras; considerar, flashing, soldaduras, malla de cobertura, cobertura, pernos, todo lo necesario según diseño para soporte.
- La estructura y cobertura metálica en ingreso peatonal a TBC, TBC, Bloque 8, ingreso peatonal (entre edificación aislada y bloque 8), ingreso peatonal de emergencias, ambulancias, gruta de la Virgen, deberán considerar el sistema de empotramiento, según el diseño ídem con las demás estructuras; considerar flashing, soldaduras, malla de cobertura, coberturas, pernos, cunetas y bajantes de los montantes según alcance, todo lo necesario según diseño para soporte.
- Los ingresos requerirán para el soporte del acabado alucín o aluminio decorativo de estructuras metálicas las cuales deberán ser calculados por los postores.
- Toda estructura metálica con su cobertura deberá pasar prueba de hermeticidad, entre los flashing y el acabado de la estructura se deberá usar un sello de alta resistencia para evitar las imperfecciones y la formación de hongos.
- Todo elemento de acero debe considerar un tratamiento de arenado previo al pintado.
- Todas las estructuras deberán contar con base epoxica 2 capas y 2 capas de pintura, deberán considerar el resane de cualquier rayadura, el acabado del resane debe ser imperceptible, no usar brocha.

#### **4.1.7. Control de polvo y escombros**

- Se limitará la zona de tránsito del público y las zonas de descarga, señalizado, o si fuese necesario, cerrando los puntos de descarga y carguío.
- Se deberán tratar de eliminar o controlar el polvo lo más cerca posible de su punto de formación. El subcontratista se encargará de mitigar el polvo con el uso de aspiradoras industriales.
- Cuando se transporte los escombros al punto de acopio establecido por el Consorcio Suyay II, deberá hacerlo de forma ordenada ya que los residuos serán dispuestos por el Consorcio Suyay II.
- El postor deberá encapsular las áreas de trabajo, ya sea con mantas o plásticos, para evitar la propagación de gases y polvos.

#### **4.1.8. Pruebas**

- Prueba de Tintes penetrantes para el caso de soldaduras según lo requerido en los planos y especificaciones técnicas. Prueba de Torque para el caso de los pernos y uniones de conexión.
- Espesores de pintura tanto de epóxico como de acabado, ensayo de adherencia de Recubrimiento.
- Medición de Perfil de Rugosidad
- Estanqueidad para la cobertura y canaletas.
- Tener en cuenta que todos los equipos de medición usados deberán contar con sus certificados de calibración vigentes y estos serán presentados previo al inicio del proyecto.

#### 4.1.9. Requerimientos de personal

EL POSTOR GANADOR contará con responsables de Obra, Residente, Producción, Oficina Técnica, Calidad, SSOMA y modelador BIM. El personal clave deberá cumplir los siguientes requisitos como mínimo:

**Tabla 1.**

*Personal asignado*

Cargo	Profesión	Experiencia
<b>Residente o Responsable de Obra (**)</b>	Ingeniero Mecánico, Civil con experiencia,	Experiencia mínima de 4 años a partir de la colegiatura. (con experiencia mínima de 2 años en hospitales, clínicas, malls, edificios corporativos y obras similares)
<b>Responsable de Calidad (**)</b>	Ingeniero Mecánico Civil	4 años de experiencia a partir de la colegiatura (con experiencia mínima de 2 años en hospitales, clínicas, retails, edificios corporativos y obras similares).
<b>Responsable de SSOMA (**)</b>	Ingeniero ambiental / industrial o afines	3 años de experiencia en trabajos de montaje, a partir de la colegiatura. Debe contar con especialización.
<b>Modelador BIM Senior (**)</b>	Especialidad Ingeniería Civil o Arquitecto (Bachiller o Técnico)	Experiencia de 02 años creando familias, plantillas de disciplinas y planos As Built dentro del software Revit (manejo avanzado): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de Planos Sketch y modelo Replanteos.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medrado exportado del Modelo BIM.</li> <li>• Plantilla de costos de los elementos modelados.</li> <li>• Reporte de interferencias y solución de las mismas.</li> </ul>
--	--	---

#### 4.1.10. Consideraciones del personal no clave

- Ingeniero de Oficina técnica.
- Asistente de Producción (Ingeniero de preferencia)
- Asistente de Calidad
- Modelador BIM
- Medrador BIM
- Prevencionista SSOMA (monitor)
- Administrador/a
- 2 vigilante las 24 horas (para oficinas, almacenes y obra)
- Almacener
- Técnico de instalaciones por especialidad de cada red
- Topógrafo nivelador con experiencia en trabajos relacionados en estructuras metálicas (incluir en el costo directo)
- Ayudante de topografía experiencia en estructuras metálicas (incluir en el costo directo)
- Maestro de Montaje (incluir en el costo indirecto).
- Enfermera.

Sin embargo, los postores son responsables de realizar la evaluación y dimensionamiento del Staff necesario para cumplir con los trabajos y entregables requeridos en los TDR, en los plazos solicitados.

#### **4.1.11. Supervisión de los trabajos**

El subcontratista deberá presentar semanalmente al Consorcio un informe detallado sobre el avance de la obra, el cual deberá incluir como mínimo lo siguiente:

- Planificación actualizada: Una versión revisada del plan de obras, que incorpore la Línea Base de cada tarea.
- Seguimiento porcentual: Tablas que muestren el progreso semanal y acumulado, tanto de cada tarea como de los rubros y sectores de la obra, en relación con el cómputo total planificado. Este cómputo se actualizará conforme avance la ingeniería de detalle.
- Seguimiento físico: Tablas que reflejen el progreso físico semanal y acumulado de cada tarea, rubro y sector, vinculando cada elemento con los ítems de la planilla de oferta correspondiente.
- Plan de mitigación: Un plan detallado para abordar las actividades no cumplidas, acompañado de una narrativa explicativa de las acciones previstas para garantizar el cumplimiento de los hitos del proyecto.

El intervalo para las valorizaciones será el estipulado en los términos de referencia (TDR) o en el contrato.

#### **4.1.12. Documentos requeridos para la presentación de valorizaciones**

Cada entregable deberá incluir, como mínimo, los siguientes documentos:

- Formato de valorización: Deberá utilizar el formato aprobado por el Consorcio Suyay II, visado por los responsables de cada área, con las firmas gestionadas por el subcontratista y entregado al jefe de la Oficina Técnica de la sede.
- Hoja de Ruta: Visada por los responsables de las áreas respectivas, con las firmas gestionadas por el subcontratista y entregada al jefe de la Oficina Técnica.

#### **4.1.13. Sustento de valorización:**

- Informe de conformidad de los trabajos realizados.
- Panel fotográfico con fechas de cada partida incluida en la valorización.
- Planilla de metrados detallada y validada por el área de producción.
- Valorización en el formato estándar.
- Detalle de las partidas a valorizar, indicando avances anteriores, actuales y acumulados.
- Planos de avance, de ser aplicable.
- Sustento documental adicional (como guías de ingreso u otros, visados por los responsables de área).
- Informe ejecutivo que incluya datos generales, sectorización, descripción del avance por partida, detalle de personal y staff, informe fotográfico y otros elementos relevantes.

#### **4.1.14. Copia de orden de servicio/compra y contrato**

**Factura:** Esta deberá presentarse únicamente tras el cumplimiento de los puntos anteriores.

Además, la valorización deberá incluir documentos que acrediten el cumplimiento de las obligaciones laborales del subcontratista hacia sus trabajadores, tales como PDT, PLAME, T-Registro, boletas de pago, entre otros que el Consorcio considere necesarios.

El subcontratista deberá designar personal específico para gestionar las firmas de los formatos de valorizaciones en obra. La fecha límite para la presentación de las valorizaciones será el día 25 de cada mes.

El pago de las facturas no implicará la aceptación parcial de las obras incluidas en la valorización que dio origen a su emisión.

**Instalaciones temporales:** El consorcio brindará espacios de comedor (no alimentación) y servicios higiénicos en obra. El subcontratista deberá instalar sus oficinas y almacén fuera de obra (considerar sus servicios básicos).

El Consorcio brindará un punto general de energía (380 V trifásico y 220 V monofásico), la distribución hacia los puntos de trabajo se hará con tableros secundarios que serán propios de cada subcontratista y debe ser considerado en la propuesta. Se adjunta el Layout de obra para cada hospital ver en Anexo 01 (Información Técnica). El subcontratista se encargará de la Instalación puntos de agua, energía e iluminación en cada frente de trabajo.

El postor debe considerar que, durante el avance de obra, los servicios higiénicos provisionales que proveerá el Consorcio Suyay serán demolidos. Por lo tanto, a partir de dicha fecha, el subcontratista deberá colocar sus propios servicios higiénicos y lavamanos temporales portátiles.

Obras preliminares, incluirá habilitación de área de trabajo, para talleres y áreas de acopio de materiales; se debe considerar oficinas para personal Staff y el mobiliario adecuado. Las oficinas deberán ser únicamente para el personal de Staff, serán de material prefabricado y/o container.

El comedor de obra será provisto por el Consorcio Suyay II, cabe recalcar que es responsabilidad del postor, la concesionaria que traerá la alimentación a los obreros, así como del mantenimiento y limpieza diaria de las áreas entregadas, incluido los consumibles, también

deberá implementar un área de lavado y dispensa, ya que existe un área para esa actividad, con el punto de agua y desagüe ya instalados.

El postor, se encargará de suministrar el agua para consumo para hidratación del personal de obra, durante cada día de jornada laboral. El postor se encargará de las protecciones colectivas e individuales de los frentes de trabajo, así mismo deberá mantener su área de trabajo con señalización de seguridad, de forma que no dañe con los acabados instalados.

#### ***4.1.15. Reparaciones de las instalaciones existentes***

El subcontratista deberá adoptar todas las medidas necesarias para prevenir cualquier daño a las instalaciones y edificaciones existentes tanto dentro del área de trabajo como en las zonas externas al terreno, que pudieran derivarse de sus labores. En caso de que se genere algún daño, el subcontratista será el único responsable, asumiendo de manera exclusiva la obligación de repararlo de forma inmediata.

Las instalaciones que resulten afectadas deberán ser readecuadas de manera definitiva siguiendo las instrucciones del organismo o empresa cuya operación haya sido alterada. En el caso de bienes pertenecientes a particulares, las reparaciones o reconstrucciones deberán garantizar que las instalaciones queden en condiciones equivalentes a las que tenían antes de producirse el daño.

En todos los casos, sin excepción, los gastos ocasionados correrán por cuenta exclusiva del Subcontratista. El postor debe considerar los plazos para realizar las pruebas sin afectar los acabados ya entregados. El postor debe de cuidar los acabados, que vaya encontrando en cada área a intervenir, de encontrarse algún deterioro en un área de trabajo por la cual han pasado, se les pedirá que lo reparen o caso contrario, se pedirá al Sub-Contratista que desarrolló el acabado deteriorado que lo reponga, dicho costo será descontado de su valorización más un incremento por la gestión del consorcio.

El postor será, responsable del deterioro o uso de los servicios higiénicos, propios del Hospital, de determinarse la responsabilidad del postor por daño o deterioro, este será sancionado con el cambio de la unidad de servicio higiénico, de no hacerlo, el consorcio lo repondrá y dicho costo será descontado de su valorización más un incremento por la gestión del consorcio. En caso de pérdida o hurto de algún material colocado dentro de obra, por donde ha pasado el postor, será repuesto por el Postor que ha sido afectado, dicho costo será descontado de su valorización más un incremento por la gestión del consorcio.

**Consideraciones de producción:** Entregables al iniciar los trabajos

Cronograma Gantt de Ejecución de Obra en Nivel 05 con Asignación de Recursos en archivo nativo y en formato PDF (MS PROJECT O P6 ORACLE).

Cronograma de llegada de equipos y materiales.

Histograma de Mano de Obra por Categoría de Obreros e Histograma de Mano de Obra considerando Total de Obreros.

- Plano de Sectorización en archivo nativo y en formato PDF.
- Estructura de Descomposición del Trabajo (WBS) en archivo nativo.
- Análisis de los recursos para la Planificación.
- Estimación de los Metrados considerados para la Planificación.
- Entregables diarios
- Plan diario (Programación diaria de actividades y pruebas)
- Análisis de PPC diario
- Seguimiento de restricciones
- Reporte de avance por partida
- Entregables semanales
- Seguimiento / actualización del Cronograma de Trabajo.

- Informe Semanal.
- Six Weeks Look ahead, PPC semanal y restricciones

En caso no se presente la documentación solicitada dentro del plazo indicado, se retendrá un porcentaje del monto de la primera valorización, de acuerdo con lo indicado en la cláusula Z50.3 del contrato NEC.

**Implementación carta balance:** Con la fecha en obra, se tomó en consideración una muestra de 40 mediciones establecidas dentro de los parámetros de fabricación y montaje de las estructuras metálicas. Estas muestras consolidaron las diferentes actividades que los trabajadores realizan durante la partida de fabricación y montaje. Por lo cual la carta balance se distribuye en dos partidas fabricación y montaje.

#### 4.2. Carta balance para la partida de fabricación de estructuras metálicas

**Tabla 2.**

*Carta balance partida de fabricación de estructuras metálicas*

Medición	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	TM	AHP	AHP	DDP	TM	ANP	AHP
2	TM	LCD	LCD	LCD	ANP	DDP	AHP
3	AHP	CP	ANP	LCD	CP	DDP	CP
4	TM	AHP	LCD	LCD	CP	CP	LCD
5	ANP	ANP	CP	TM	CP	TM	CP
6	DDP	DDP	CP	ANP	TM	DDP	TM
7	AHP	LCD	ANP	ANP	AHP	ANP	LCD
8	DDP	LCD	AHP	LCD	LCD	DDP	DDP
9	LCD	LCD	AHP	TM	LCD	TM	ANP
10	AHP	DDP	TM	TM	ANP	ANP	LCD

11	LCD	ANP	ANP	AHP	CP	TM	ANP
12	DDP	TM	ANP	ANP	AHP	CP	CP
13	AHP	DDP	CP	DDP	TM	TM	CP
14	CP	TM	LCD	TM	CP	TM	CP
15	LCD	AHP	ANP	CP	DDP	CP	TM
16	DDP	DDP	ANP	CP	AHP	DDP	DDP
17	AHP	DDP	TM	AHP	TM	CP	LCD
18	LCD	LCD	CP	CP	LCD	TM	DDP
19	DDP	LCD	AHP	AHP	DDP	ANP	TM
20	TM	TM	ANP	AHP	LCD	AHP	TM
21	LCD	AHP	TM	DDP	DDP	AHP	LCD
22	ANP	AHP	LCD	CP	TM	CP	AHP
23	DDP	TM	AHP	ANP	AHP	ANP	DDP
24	LCD	ANP	CP	LCD	CP	CP	CP
25	CP	ANP	CP	TM	ANP	DDP	ANP
26	AHP	DDP	CP	CP	AHP	LCD	CP
27	DDP	DDP	DDP	ANP	ANP	DDP	ANP
28	LCD	ANP	TM	LCD	ANP	TM	LCD
29	TM	ANP	ANP	ANP	CP	TM	CP
30	DDP	ANP	DDP	LCD	CP	TM	AHP
31	ANP	DDP	DDP	DDP	CP	CP	AHP
32	LCD	CP	TM	TM	DDP	ANP	DDP
33	TM	TM	TM	DDP	AHP	ANP	AHP
34	AHP	ANP	TM	TM	DDP	DDP	AHP
35	ANP	ANP	CP	CP	AHP	DDP	TM
36	LCD	TM	AHP	ANP	CP	DDP	ANP
37	DDP	DDP	AHP	CP	CP	LCD	TM

38	ANP	LCD	LCD	ANP	LCD	CP	DDP
39	TM	LCD	TM	DDP	TM	DDP	TM
40	CP	LCD	TM	TM	ANP	TM	LCD

#### Siglas Utilizadas:

CP (Corte de Piezas): Esta actividad se refiere al proceso en el que las piezas metálicas son cortadas a las dimensiones y formas necesarias para su posterior ensamblaje. Es una parte fundamental del proceso de fabricación, ya que un corte preciso garantiza un ajuste correcto durante el montaje.

ANP (Ajuste No Productivo): Este término describe las actividades relacionadas con ajustes necesarios que no agregan valor directo al producto final, como la corrección de errores previos o la adaptación de piezas que no encajan correctamente debido a problemas en la fase de corte o diseño.

AHP (Ajuste de Herramientas/Productivo): Se refiere a las actividades de ajuste y calibración de las herramientas utilizadas durante el proceso de fabricación. A diferencia del ANP, este ajuste es esencial y contribuye a la calidad del producto final, asegurando que las herramientas estén en condiciones óptimas para realizar cortes y ensamblajes precisos.

TM (Montaje de Estructuras): En este contexto, el TM se refiere al ensamblaje preliminar de las piezas cortadas. Este es un trabajo productivo crucial, ya que se trata del paso donde las piezas individuales se unen para formar subensamblajes más grandes o la estructura completa.

DDP (Desperdicio de Piezas): Este término cubre las actividades relacionadas con la gestión y eliminación de piezas que no cumplen con las especificaciones debido a errores de

fabricación. Este trabajo es considerado no productivo, ya que representa un costo adicional sin agregar valor.

LCD (Limpieza de Componentes): Limpieza de las piezas y componentes metálicos antes de su ensamblaje final. Esta actividad es contributiva porque asegura que las piezas estén libres de contaminantes que podrían afectar la calidad del ensamblaje o el acabado final.

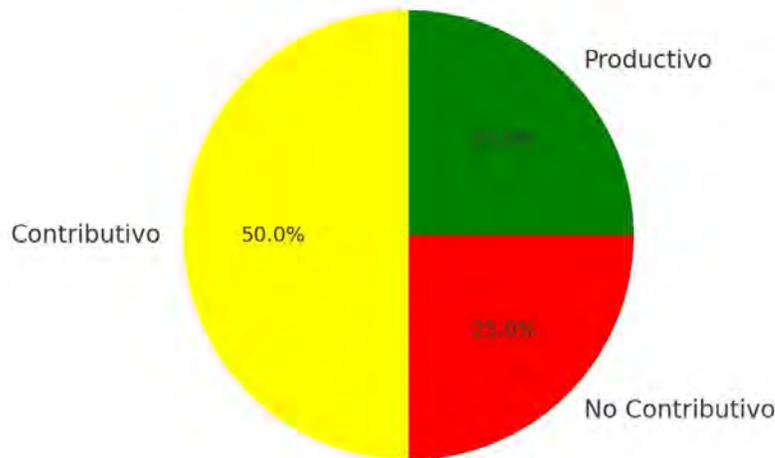
**Interpretación:**

La carta balance de fabricación revela cómo se distribuyen las actividades entre productivas, contributivas y no productivas. En general, la actividad de TM (Montaje de Estructuras) debería representar un porcentaje significativo de trabajo productivo, ya que es esencial para el progreso del proyecto. Sin embargo, la presencia de actividades como ANP (Ajuste No Productivo) y DDP (Desperdicio de Piezas) indica áreas donde hay ineficiencias y desperdicios que podrían reducirse para mejorar la productividad general.

El CP (Corte de Piezas) y AHP (Ajuste de Herramientas/Productivo), aunque son necesarios, deben gestionarse de manera que minimicen el tiempo dedicado sin comprometer la calidad. El LCD (Limpieza de Componentes), aunque contributivo, también debe optimizarse para evitar que ocupe demasiado tiempo.

**Figura 8.**

*Distribución del trabajo en general de fabricación*

**Distribución del Trabajo - Fabricación de Estructuras****Descripción:**

**Trabajo Productivo (Verde, 25%):** Este segmento representa las actividades que directamente añaden valor al proceso de fabricación. En este caso, el trabajo productivo en la fabricación de estructuras metálicas incluye tareas como el montaje de las piezas cortadas y el uso adecuado de las herramientas para ensamblar la estructura.

**Trabajo Contributivo (Amarillo, 50%):** Este segmento es mayoritario en el proceso de fabricación y corresponde a actividades que son necesarias para el proceso pero que no agregan valor directo al producto final. Ejemplos incluyen la limpieza de componentes y el ajuste de herramientas. Si bien estas actividades son necesarias, ocupan una cantidad significativa de tiempo que podría optimizarse.

**Trabajo No Contributivo (Rojo, 25%):** Este segmento cubre actividades que no aportan valor al proceso y que podrían eliminarse o reducirse. En la fabricación de estructuras

metálicas, esto incluye el tiempo dedicado a ajustar errores o corregir desperdicios de piezas. La presencia de un 25% de trabajo no contributivo sugiere que hay espacio para mejorar la eficiencia del proceso.

### Interpretación

El gráfico muestra que la fabricación de estructuras metálicas tiene un balance relativamente bueno entre actividades productivas y contributivas, aunque el trabajo contributivo ocupa un porcentaje significativo del tiempo total. Esto sugiere que, si se puede optimizar el trabajo contributivo, como la limpieza y los ajustes de herramientas, se podría liberar más tiempo para actividades productivas, aumentando así la eficiencia global. El 25% de trabajo no contributivo indica la necesidad de revisar y mejorar los procedimientos para minimizar actividades que no agregan valor.

#### 4.3. Carta balance para la partida de montaje de estructuras metálicas

**Tabla 3.**

*Carta balance partida de montaje de estructuras metálicas*

Medición	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	UC	SH	THE	TR	DH	THE	THE
2	TR	DH	RI	DI	TR	DI	TR
3	E	THE	TR	DI	DH	THE	TR
4	DH	RI	SH	TR	RI	DI	UC
5	RI	SH	RI	UC	TR	RI	TR
6	DI	SH	UC	RI	E	E	SH
7	RI	DH	SH	RI	DI	UC	DH
8	UC	E	DI	TR	RI	DI	E
9	DI	DH	DH	SH	E	DI	DI

10	TR	DH	DH	THE	UC	SH	E
11	DI	THE	THE	DI	TR	UC	E
12	DH	DH	UC	UC	DH	E	RI
13	DH	UC	TR	DI	E	SH	RI
14	RI	DI	DI	SH	DH	UC	TR
15	DH	SH	E	UC	DI	SH	DH
16	UC	DI	RI	SH	THE	RI	THE
17	DI	THE	TR	UC	DI	THE	DI
18	TR	THE	THE	RI	THE	UC	THE
19	DI	E	TR	SH	DH	UC	TR
20	TR	THE	DH	SH	DH	SH	TR
21	DH	DI	SH	SH	DH	UC	TR
22	UC	UC	RI	SH	DH	UC	UC
23	TR	E	RI	TR	UC	TR	DI
24	THE	DH	RI	UC	UC	UC	DH
25	THE	RI	DH	E	UC	E	RI
26	UC	DH	SH	DI	DI	TR	DH
27	DH	DH	THE	E	UC	UC	E
28	TR	DI	TR	DI	DI	RI	TR
29	RI	TR	UC	DH	DI	UC	DI
30	SH	RI	UC	E	DH	THE	TR
31	UC	THE	SH	DI	RI	E	THE
32	RI	DI	RI	DH	RI	E	UC
33	TR	DH	THE	SH	E	RI	RI
34	UC	SH	DH	DH	DH	THE	DI
35	TR	E	SH	RI	DH	DI	TR
36	SH	RI	DH	THE	SH	DH	RI

37	DI	SH	E	TR	THE	SH	UC
38	SH	UC	THE	UC	DI	TR	RI
39	E	DI	RI	DH	UC	TR	DI
40	SH	DI	RI	E	SH	THE	DI

#### Siglas Utilizadas:

THE (Trabajo en Herramientas Eléctricas): Esta actividad incluye el uso de herramientas eléctricas para ensamblar, ajustar o reparar componentes metálicos durante el montaje. Es una tarea productiva cuando se realiza correctamente, pero puede volverse no productiva si las herramientas no están en buen estado o si se usan incorrectamente.

RI (Reparación de Instalaciones): Se refiere a las actividades de reparación necesarias en las instalaciones del sitio de montaje. Aunque son necesarias, estas actividades son consideradas contributivas, ya que no agregan valor directo al producto final, pero son esenciales para mantener el proceso en funcionamiento.

DI (Desplazamiento Innecesario): Esta categoría cubre el tiempo perdido debido a movimientos innecesarios dentro del lugar de trabajo. Es un claro ejemplo de trabajo no productivo que debe ser minimizado a través de una mejor planificación y organización del sitio.

TR (Transporte de Residuos): Se refiere a las actividades de transporte de residuos y materiales descartados del sitio de montaje. Similar a RI, es contributivo, pero no agrega valor directo, y debe ser gestionado eficientemente para reducir el tiempo perdido.

SH (Supervisión de Herramientas): Involucra la verificación y supervisión del uso correcto de herramientas en el lugar de trabajo. Este es un trabajo contributivo que asegura que

las herramientas estén en buen estado y se usen adecuadamente, evitando problemas que podrían surgir durante el montaje.

UC (Uso de Celular): El tiempo empleado en el uso de celulares para llamadas personales o actividades no relacionadas con el trabajo es clasificado como no productivo. Este uso debe ser minimizado para evitar distracciones y pérdidas de tiempo.

DH (Descanso Hábil): Esta actividad incluye las pausas y descansos necesarios para los trabajadores. Aunque los descansos son importantes, representan tiempo no productivo y deben gestionarse adecuadamente para maximizar el tiempo efectivo de trabajo.

E (Espera Innecesaria): Tiempo perdido debido a esperas innecesarias, como la espera de materiales, instrucciones o herramientas. Es un claro ejemplo de trabajo no productivo y una señal de ineficiencia en la planificación y coordinación.

### **Interpretación:**

La carta balance para el montaje de estructuras muestra que hay una cantidad significativa de tiempo dedicado a actividades no productivas como DI (Desplazamiento Innecesario) y E (Espera Innecesaria). Estas actividades representan pérdidas de tiempo que podrían reducirse con una mejor organización del sitio y una coordinación más eficiente entre los equipos.

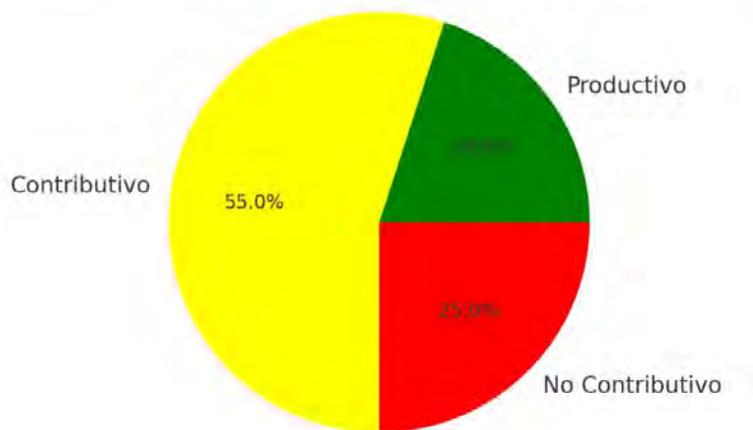
El THE (Trabajo en Herramientas Eléctricas) debería ser la actividad productiva predominante, ya que es esencial para la correcta instalación de las estructuras. Sin embargo, si hay un alto porcentaje de RI (Reparación de Instalaciones) o SH (Supervisión de Herramientas), esto podría indicar que hay problemas con las herramientas o instalaciones que necesitan ser abordados para evitar retrasos.

El UC (Uso de Celular) y DH (Descanso Hábil), aunque son necesarias en cierta medida, deben ser monitoreados para asegurarse de que no interfieran significativamente con la productividad general.

**Figura 9.**

*Distribución del trabajo general de montaje*

Distribución del Trabajo - Montaje de Estructuras



**Descripción:**

Trabajo Productivo (Verde, 20%): Este segmento representa las actividades directamente relacionadas con el montaje efectivo de las estructuras metálicas, como la instalación de componentes y el uso de herramientas eléctricas de manera efectiva. Un porcentaje más bajo aquí sugiere que las actividades productivas están siendo superadas por otras tareas que no agregan tanto valor directo.

Trabajo Contributivo (Amarillo, 55%): Este es el segmento más grande en el montaje de estructuras, e incluye actividades como la supervisión de herramientas, reparaciones y manejo de residuos. Aunque estas actividades son necesarias, su alto porcentaje sugiere que están consumiendo demasiado tiempo que podría ser mejor invertido en trabajo productivo.

Trabajo No Contributivo (Rojo, 25%): Similar al gráfico de fabricación, este segmento indica la cantidad de tiempo perdido en actividades que no contribuyen al progreso del montaje, como el desplazamiento innecesario, el uso de celulares, y las esperas innecesarias. Un cuarto del tiempo total dedicado a actividades no productivas indica ineficiencias significativas que deben abordarse.

### **Interpretación**

El gráfico del montaje de estructuras muestra un equilibrio menos favorable que el de fabricación, con solo un 20% de trabajo productivo. El alto porcentaje de trabajo contributivo sugiere que las actividades de soporte y mantenimiento, aunque necesarias, están tomando demasiado tiempo. El 25% de trabajo no contributivo refuerza la idea de que existen oportunidades para mejorar la organización y la planificación en el sitio, reduciendo así el tiempo perdido en actividades como esperas y desplazamientos innecesarios.

#### **4.4. Implementación del análisis de restricciones**

El análisis de restricciones para la Fabricación de Estructuras Metálicas revela varios puntos críticos en el proceso, principalmente relacionados con las actividades de Corte de Piezas, Montaje Preliminar, e Inspección de Calidad. Las restricciones observadas en estos procesos, como problemas en el ajuste de herramientas y la coordinación del montaje, sugieren que existen cuellos de botella que afectan el flujo de trabajo. Las restricciones en la Limpieza de Componentes y la Soldadura Inicial indican que las actividades previas no están siendo completadas en tiempo y forma, lo que genera retrasos acumulativos en las fases posteriores. Estos retrasos podrían ser el resultado de una planificación deficiente o de problemas en la cadena de suministro, lo cual se traduce en una menor eficiencia global del proceso de fabricación.

Además, las restricciones identificadas en el Corte de Piezas y Ajuste de Herramientas apuntan a la necesidad de revisar y optimizar estas actividades para evitar que se conviertan en cuellos de botella. Es crucial que estas fases iniciales del proceso de fabricación se ejecuten sin interrupciones, ya que cualquier restricción en estas áreas puede tener un efecto dominó que impacte negativamente en las etapas posteriores del montaje. Para mejorar la productividad, sería beneficioso implementar controles más estrictos en la planificación de recursos y en la gestión de inventarios, asegurando que todas las herramientas y materiales necesarios estén disponibles cuando se requieran, minimizando así las interrupciones y optimizando el flujo de trabajo.

Por su parte, el análisis de restricciones para el Montaje de Estructuras Metálicas destaca varias áreas donde las restricciones están afectando significativamente la eficiencia del proyecto. Las actividades de Transporte de Materiales y Montaje de Componentes parecen estar particularmente afectadas, lo que sugiere problemas en la logística y en la coordinación de la entrega de materiales al sitio de trabajo. Estas restricciones pueden generar retrasos importantes, ya que el montaje no puede proceder si los materiales no están disponibles en el momento adecuado. Además, las restricciones en la Soldadura de Unión y Inspección Final indican posibles problemas en la calidad de las conexiones y en la verificación de la estructura montada, lo que podría llevar a retrabajos y, por ende, a más demoras en el cronograma.

Asimismo, el análisis muestra que las restricciones durante el Ajuste Final y la Aplicación de Recubrimientos son indicativos de posibles ineficiencias en la etapa de acabado del montaje. Estos cuellos de botella pueden ser resultado de una mala planificación o de la falta de coordinación entre los equipos de trabajo. Para mitigar estos problemas, es esencial mejorar la planificación logística y asegurar que todos los materiales y equipos estén disponibles cuando se necesiten, además de establecer una comunicación efectiva entre los diferentes equipos involucrados en el montaje. Esto no solo ayudará a reducir las restricciones

actuales, sino que también contribuirá a prevenir futuras interrupciones y a mejorar la eficiencia general del proyecto.





#### 4.5. Implementación del diagrama Ishikawa

Mediante un análisis realizado en campo se determinó el problema principal que afecta la productividad de la obra, analizando y definiendo el obstáculo de manera objetiva, y de forma secuencial se determinó el efecto que genera este problema y las posibles causas que fueron planteados bajo la estructura de las seis M.

El gráfico presentado es un diagrama de Ishikawa, que ilustra las causas que contribuyen a la baja productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas en un entorno de obra. Este diagrama se utiliza para desglosar y analizar los diversos factores que están afectando el rendimiento general de la obra.

En la obra, se ha identificado un problema central: la falta de una metodología adecuada que ayude a mejorar la productividad. Esta carencia impacta significativamente en la eficiencia de las operaciones, resultando en retrasos, retrabajos y un uso ineficiente de los recursos. A partir de este problema, el diagrama de Ishikawa descompone las posibles causas en varias categorías clave: Hombre, Máquinas, Materiales, Método, Medida y Entorno.

En la categoría de Hombre, la situación en la obra revela que hay poco personal calificado disponible, lo que afecta la calidad del trabajo realizado y lleva a un bajo rendimiento del personal. Además, la falta de formatos no realizados sugiere que hay una deficiencia en el seguimiento y control de las actividades en la obra, lo que contribuye a la ineficiencia.

Bajo la categoría de Máquinas, se observan problemas relacionados con el mantenimiento deficiente de las máquinas y el uso de herramientas en mal estado. En la obra, esto se traduce en fallos mecánicos frecuentes que causan interrupciones en el trabajo, obligando a paradas no planificadas que retrasan el cronograma.

En cuanto a Materiales, la obra enfrenta desafíos como la falta de stock en el almacén y problemas con la procura de compras, lo que significa que los materiales necesarios no están disponibles cuando se requieren, causando demoras en las tareas programadas.

La categoría de Método resalta el desorden de cuadrillas en la obra, lo que indica que no hay un método de trabajo estandarizado. Esto genera confusión y desorganización, resultando en un uso ineficaz del tiempo y los recursos disponibles.

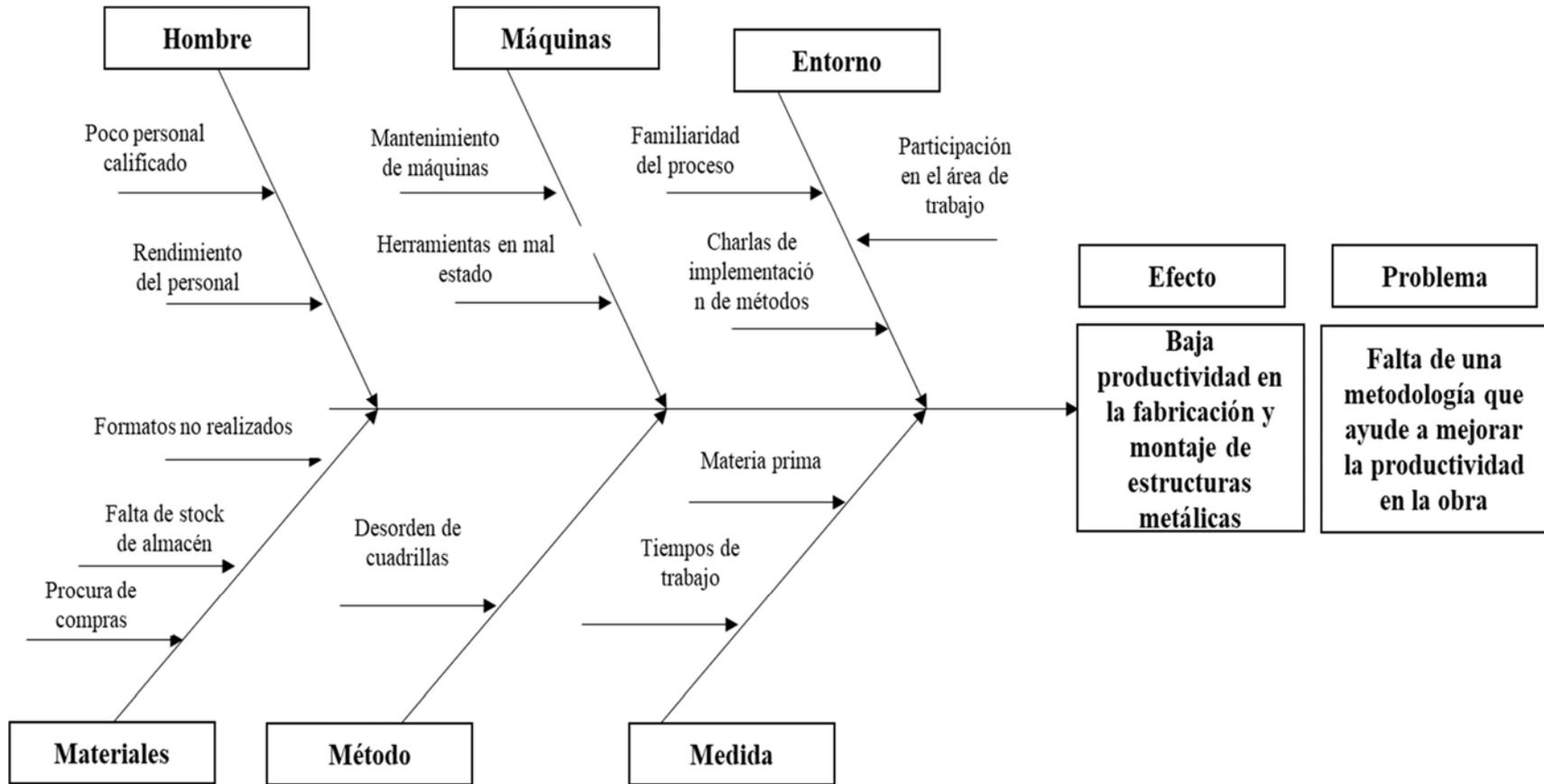
En la categoría de Medida, la falta de control sobre los tiempos de trabajo significa que los trabajadores no están siendo monitoreados adecuadamente, lo que puede llevar a una subutilización del tiempo y a un rendimiento por debajo de lo esperado.

Finalmente, en la categoría de Entorno, la obra enfrenta desafíos relacionados con la familiaridad del proceso entre los trabajadores, la participación en el área de trabajo, y la falta de charlas de implementación de métodos. Esto sugiere que los trabajadores no están completamente alineados con los procesos establecidos, lo que afecta su capacidad para cumplir con los estándares de productividad requeridos.

En resumen, el diagrama de Ishikawa muestra que la baja productividad en la obra es el resultado de múltiples factores interrelacionados, que abarcan desde la falta de personal calificado y problemas con las herramientas, hasta la escasez de materiales y la falta de métodos de trabajo estandarizados. Abordar estos problemas de manera integral es crucial para mejorar la eficiencia y el rendimiento en la fabricación y montaje de estructuras metálicas en la obra.

**Figura 10.**

*Diagrama Ishikawa de las causas de la baja productividad*



## 4.6. Implementación de LPS

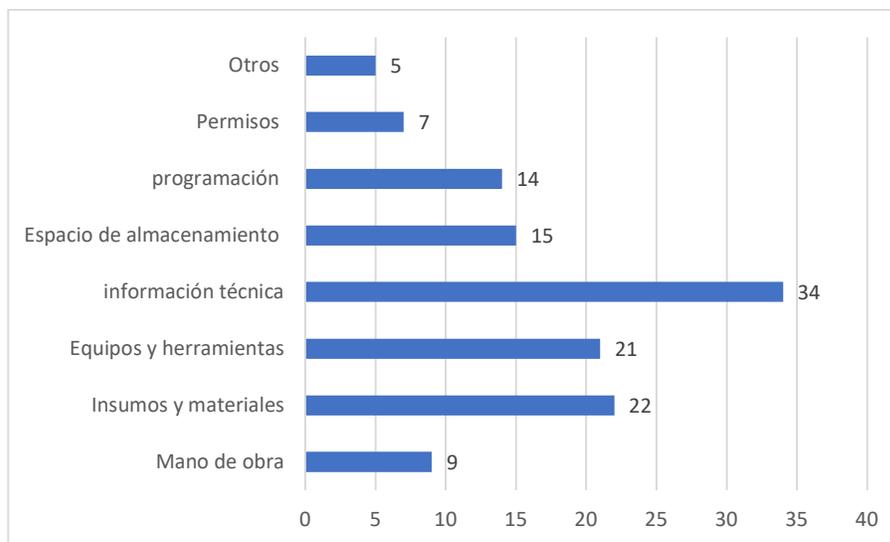
### 4.6.1. Análisis de Restricciones del Plan Intermedio (Lookahead Planning)

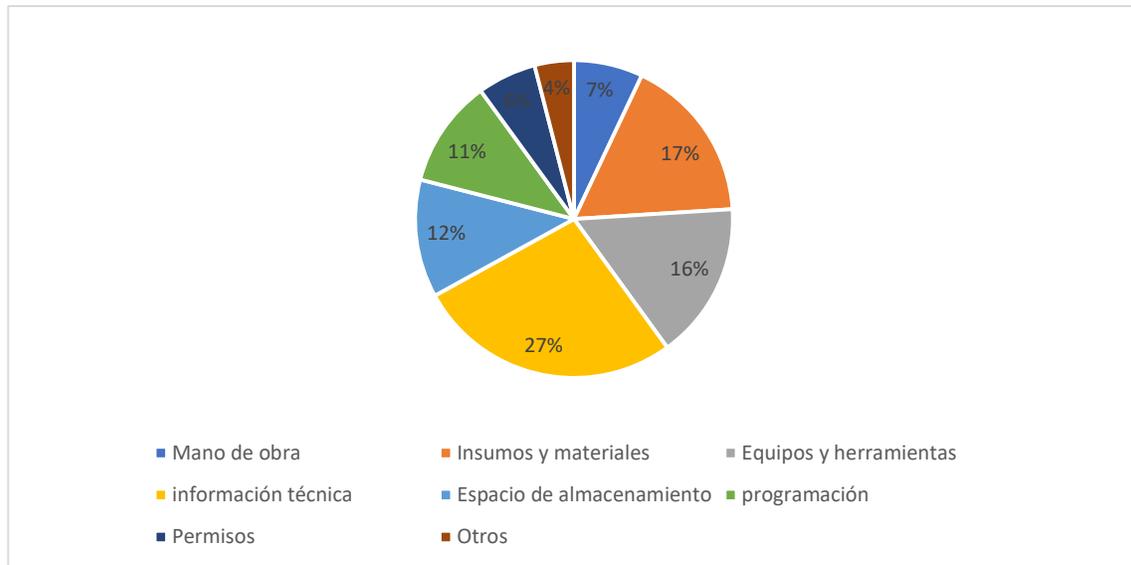
Para la elaboración de la programación del plan intermedio (Lookahead Planning) se ha tenido en consideración la sectorización de la obra (5 sectores), de esta programación de 4 semanas se realiza el análisis de restricciones de cada una de las actividades a ejecutar para finalmente determinar aquellas actividades que pueden pasar al ITE (Inventario de trabajo ejecutable) y detectar aquellas actividades que necesiten liberación de restricciones.

#### Análisis de restricciones de la obra en general

**Figura 11**

*Análisis de restricciones*



**Figura 12***Restricciones más incidentes de la obra en general*

De las figuras anteriores se puede observar que las principales restricciones encontradas en el proyecto son debido a la incongruencia que existe en el expediente técnico, existiendo vacíos y errores en los planos, detalles y especificaciones técnicas contenidas en el mismo, trayendo como consecuencia las incompatibilidades en diferentes puntos del proyecto. Por ello se puede observar que el 27% de las restricciones corresponden a la Información técnica, vale aclarar que esta información se extrae del look ahead de 4 semanas elaborado.

**Tabla 6***Sectorización, trenes de trabajo*

LOOK AHEAD (4 SEMANAS) ELEMENTOS GENERALES																
COD.	ACTIVIDAD	SEMANA 6					SEMANA 7					SEMANA 8				
		10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
001	Obras provisionales	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
002	Sistema de alcantarillado	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
003	Planta de tratamiento de aguas residuales	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
004	Mitigación de impactos	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3
005	Prevención y vigilancia	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2
005	Servicio de saneamientos	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1
006	Demolición	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
008	ESTRUCTURAS Y ARMADO	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
	CANTIDAD EN ESTRUCTURAS	7.46	5.77	7.11	8.21	11.29	11.29	10.65	10.65	10.65	8.75	8.75	8.75	8.75	10.65	8.75
	CONCRETO MURO PANTALLA	10.98	10.92	10.22	11.98	12.98	6.30	12.00	13.77	9.47	9.47	11.69	11.69	11.69	9.87	9.87
	SUB TOTAL DE CONCRETO POR	18 m3	17 m3	17 m3	20 m3	24 m3	18 m3	23 m3	24 m3	20 m3	18 m3	20 m3	20 m3	20 m3	21 m3	19 m3

**Tabla 7***Lookahead de 4 semanas*

MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPOS	INFORMACIÓN	ESPACIO	PROGRAMACIÓN	PERMISOS	OTROS						
MO	MA	EQ	INF	ESP	PRO	PER	OTR	LIBERADO	DESCRIPCION	RESP.	FECHA DE LEVANTAMIENTO	FALTA	EST
V	x	V	V	V	V	V	V	NO	aun no se tienen en obra los separadores de 7.5	ADM	11/07/2024	2	P
V	V	V	V	V	V	V	V	SI					
V	V	V	V	V	V	V	V	SI					
V	V	V	V	V	V	X	V	NO	pendiente certificado de garantía	ADM	07/08/2024	4	P
V	V	V	V	V	V	X	V	NO	pendiente certificado de garantía	ADM	07/08/2024	4	T
V	V	V	V	X	V	V	V	NO	Falta espacio para almacenamiento de	CAMP	10/08/2024	7	T
V	V	V	V	V	V	V	V	SI					
V	V	V	V	V	V	V	x	NO	contratar	CAMP	13/08/2024	10	T

#### 4.7. Causas de no cumplimiento (CNC) y porcentaje de actividades completadas (PAC)

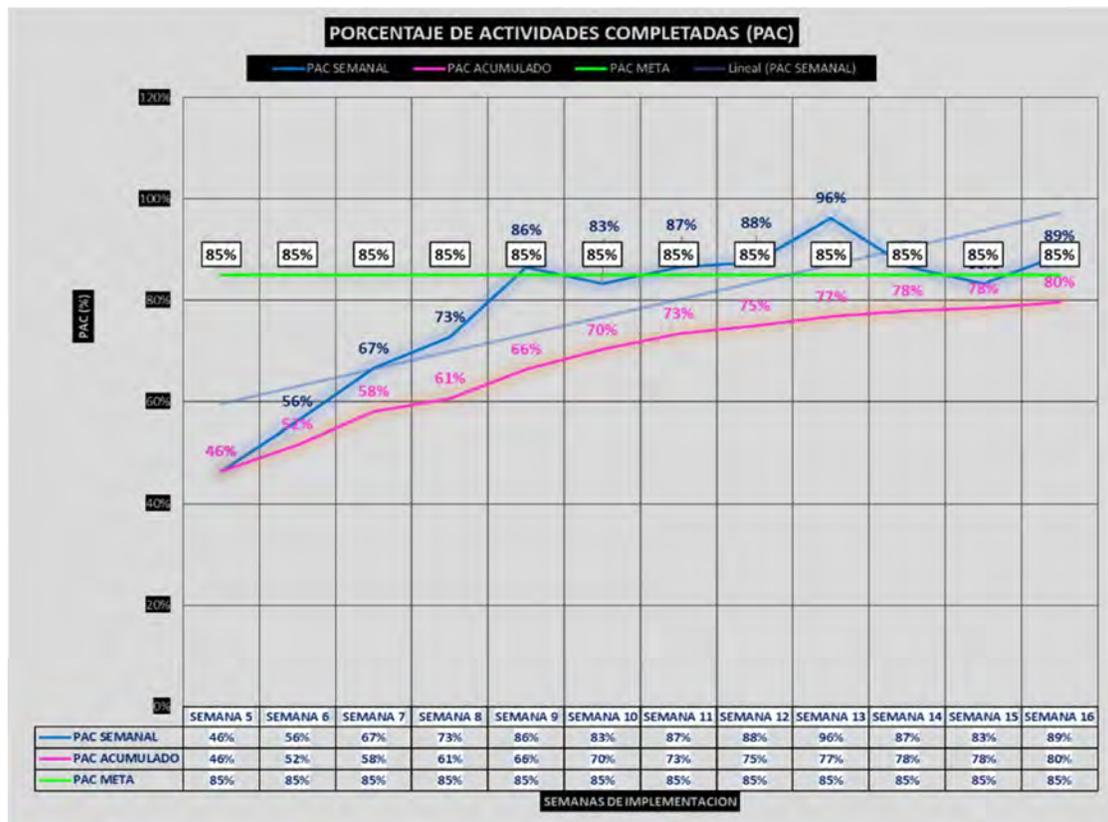
**Tabla 8**

*Causas de no cumplimiento*

				FECHA	2024						
<b>Universidad Nacional Federico Villarreal</b>				AUTOR	David chagua						
				OBRA	Hospital Recuay						
				LUGAR	Ancash						
				PARTIDA	LOOK AHEAD-ANALISIS DE RESTRICCIONES						
<b>CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC) – TOTAL DEL PROYECTO</b>											
<b>TIPO DE CNC</b>											
SEMANA DE TRABAJO	PROGRAMACIÓN	MANO DE OBRA	INSUMOS Y MATERIALES	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	INCUMPLIMIENTO DE ACTIVIDAD PREDECESORA	INGENIERÍA (EXP. TEC, RESIDENCIA Y SUPERVISIÓN)	PROCESOS CONSTRUCTIVOS	FACTORES EXTERNOS	PROBLEMAS INTERNOS DE LA EMPRESA	SUBCONTRATOS	
	SEMANA 5	0	2	5	2	8	3	0	12	1	2
SEMANA 6	2	1	4	7	5	5	1	7	2	1	
SEMANA 7	1	0	2	3	5	4	2	3	1	2	
SEMANA 8	0	0	3	2	3	1	5	5	2	1	
SEMANA 9	2	1	1	0	4	0	4	1	2	3	
SEMANA 10	1	2	0	1	2	2	3	0	5	1	
SEMANA 11	2	1	3	2	3	1	2	0	1	2	
SEMANA 12	1	0	2	3	1	2	1	0	1	1	
SEMANA 13	1	0	1	1	0	1	2	2	1	2	
SEMANA 14	0	2	4	2	2	0	1	1	1	1	
SEMANA 15	0	1	2	0	1	2	3	3	0	1	
SEMANA 16	3	0	3	0	0	3	4	1	0	0	
<b>ACUMULADO %</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>23</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	
	<b>5.6%</b>	<b>4.3%</b>	<b>13.0%</b>	<b>10.0%</b>	<b>14.7%</b>	<b>10.4%</b>	<b>12.1%</b>	<b>15.2%</b>	<b>7.4%</b>	<b>7.4%</b>	

**Figura 13**

*Curva de Porcentaje de actividades completadas (PAC)*



#### 4.8. Resultado de indicadores de valor ganado (EVM)

Figura 14

Curva  $<S= EVM$  del proyecto en general

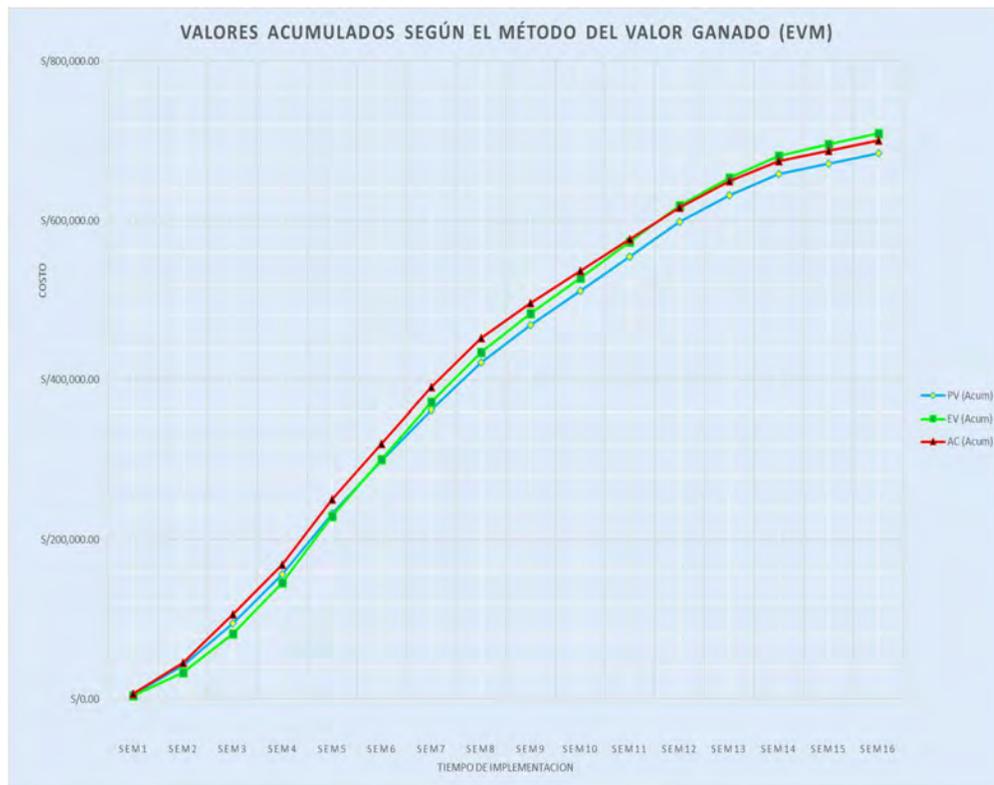


Tabla 9

Indicadores acumulados de EVM del proyecto

 <b>Universidad Nacional Federico Villarreal</b>		FECHA	2024															
		AUTOR	David Chagua															
		OBRA	Hospital Recuay															
		LUGAR	Ancash															
		PARTIDA	: ANALISIS DEL VALOR GANADO															
SEMANA	ANALISIS DE VALOR GANADO (EVM)																	
SEMANA	PV (Acum)	EV (Acum)	AC (Acum)	% AVANCE	cv	CPI	SV	SPI	BAC	EAC	ETC	VAC	EAC(tiempo)	TCPI	TSPI	PAC		
SEM1	S/6,265.19	S/4,260.33	S/6,528.16	0.62%	-S/ 2,267.83	0.65	-S/2,004.86	0.68	S/684,753.82	S/1,049,258.37	S/678,225.66	-S/ 364,504.55	17 Semanas	0.65	0.65	0.45		
SEM2	S/42,757.96	S/33,423.60	S/45,980.55	4.88%	-S/ 12,556.95	0.73	-S/9,334.36	0.78	S/684,753.82	S/942,009.74	S/638,773.27	-S/ 257,255.92	17 Semanas	0.73	0.72	0.50		
SEM3	S/95,384.62	S/81,707.88	S/106,234.68	11.93%	-S/ 24,526.80	0.77	-S/13,676.74	0.86	S/684,753.82	S/890,300.92	S/578,519.14	-S/ 205,547.10	17 Semanas	0.77	0.76	0.45		

La ejecución de la obra durante estas 3 semanas de planificación, ha tenido como resultado la valorización acumulada de las partidas críticas en análisis para la presente investigación lo siguiente : S/ 709,703.77, incluyendo adicionales y mayores metrados, con un BAC de S/684,753.82, El control para la obtención de reportes de los indicadores e índices del EVM se han realizado de manera semanal por un periodo de 3 semanas, donde se hizo un corte para delimitar los tiempos para este proyecto de investigación.

La SV por su lado muestra valores negativos durante todas las semanas de investigación y por consiguiente en el acumulado, debido a que la evaluación está basada en  $EV < PV$ .

El SPI muestra los valores para cada semana, en todos los casos menores a 1, manteniéndose hasta la el final de la investigación, donde en la semana 16 se tiene un valor de  $SPI=0.97$ , de estos valores podemos concluir que la obra esta retrasada respecto del cronograma planeado, debido a que en el acumulado  $EV < PV$ .

La EAC del cuadro anterior se puede ver que las primeras 4 semanas muestran valores menores al BAC, previendo un furo desfavorable en el momento del corte. Sin embargo, en las semanas posteriores se puede verificar que los montos van cambiando decrecientemente llegando ser óptimos, menores al BAC, es decir en el acumulado estamos acorde a lo planificado llegando a la semana 16 con un valor de S/675,677.34.

La VAC al corte de la última semana 3 es de S/9,076.48, que representa la diferencia del monto total planificado al inicio BAC y el monto total en el corte de la semana 16 (BAC - EAC).

El TCPI en la semana 3 muestra un valor de un valor de 1.01, esto indica que los rendimientos en la ejecución obtenidos al momento son óptimos. El TSPI en la semana 3 muestra un valor de un valor de 2.75, indicando que estamos desfasados del cronograma planificado

### Análisis de Confiabilidad PAC-CPI Y PAC-SPI

Para un análisis más certero de la confiabilidad se ha utilizado el coeficiente de correlación de Pearson que PAC-CPI y PAC-SPI de los datos obtenidos durante las 3 semanas de observación.

**Tabla 10**

*Coeficiente de correlación de Pearson PAC-CPI*

PARÁMETROS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON				
PARÁMETROS	MEDIA	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	
PAC	0.69	0.11	"r"	0.91
CPI	0.65	0.13	"r2"	0.98

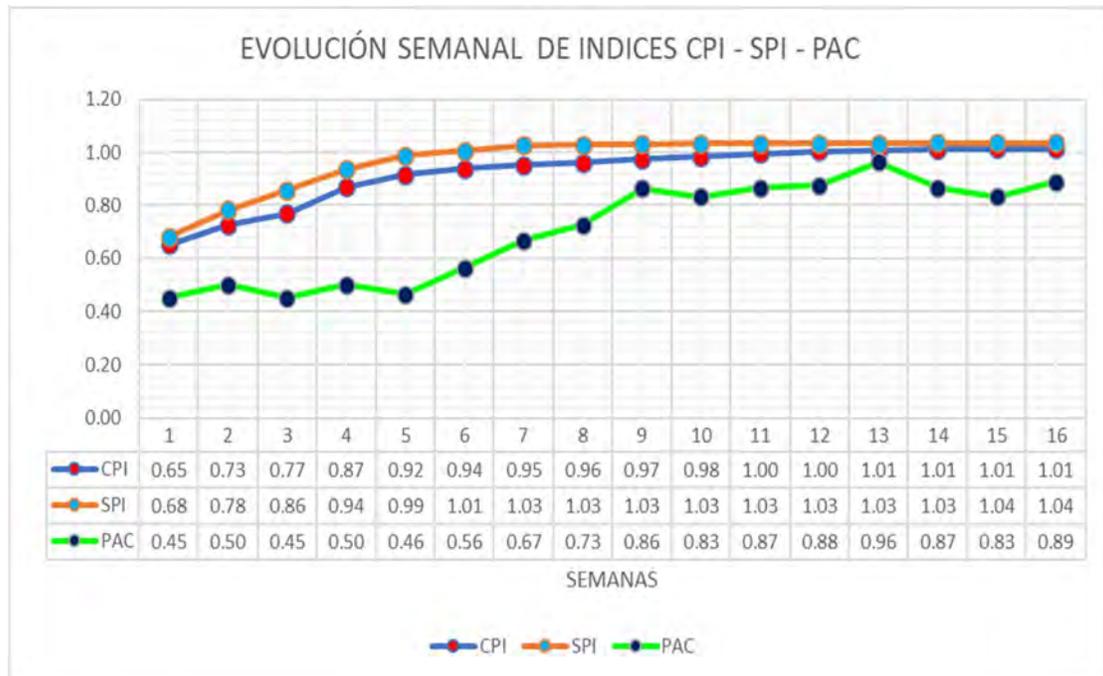
**Tabla 11**

*Coeficiente de correlación de Pearson PAC-SPI*

PARÁMETROS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON				
PARÁMETROS	MEDIA	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	
PAC	0.55	0.14	"r"	0.33
SPI	0.57	0.14	"r2"	0.65

**Figura 15**

*Variación semanal del PAC-CPI-SPI*



## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente discusión aborda los resultados obtenidos en el proceso de análisis de la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, contrastándolos con los antecedentes relevantes en la literatura. Los hallazgos en nuestra investigación revelan que la baja productividad en la obra está estrechamente vinculada a una planificación ineficiente, falta de metodología estandarizada y problemas relacionados con la gestión de recursos humanos, materiales y herramientas. Estos resultados coinciden con lo señalado por Huapaya y Torres (2021), quienes encontraron que las ineficiencias en tareas no productivas eran consecuencia directa de una planificación inadecuada y una gestión deficiente. La implementación de Lean Construction y Herramientas de Calidad, según estos autores, resultó en un incremento significativo de la productividad, lo que subraya la importancia de aplicar enfoques sistemáticos y metodologías rigurosas para mejorar los procesos de construcción.

En un contexto similar, De la Vega et al. (2018) destacan que la implementación de Lean Construction en proyectos de construcción de instituciones educativas en Cusco permitió mejorar la productividad mediante la adopción de estrategias específicas para la gestión de materiales, contratación de mano de obra y manejo de subcontratistas. Este enfoque se alinea con nuestros hallazgos, donde la falta de un sistema de trabajo estandarizado y la gestión ineficaz de los recursos fueron identificadas como causas principales de la baja productividad. La comparación con el estudio de De la Vega et al. resalta la necesidad de una gestión integral que considere todos los aspectos del proceso constructivo, desde la adquisición de materiales hasta la ejecución en el sitio.

Por otro lado, Taype (2018) demuestra cómo la clasificación de actividades en trabajo productivo, contributivo y no contributivo, bajo la metodología Lean Construction, puede

aumentar la productividad en proyectos de construcción. Nuestros resultados, que también incluyen un análisis de estas categorías de trabajo, confirman la importancia de reducir el tiempo dedicado a tareas no productivas y mejorar la eficiencia en las tareas contributivas para lograr un impacto positivo en la productividad general. La correlación entre nuestros resultados y los de Taype subraya la efectividad de Lean Construction como herramienta para optimizar el uso del tiempo y los recursos en la construcción.

La investigación de Hoyos (2023) sobre la aplicación de Lean Construction en la construcción de viviendas de interés social en Rioja destaca la importancia del Ensamble de LPDS, el Análisis de Restricciones y la Planificación de la Producción como elementos clave para mejorar la gestión en la obra. Estos componentes fueron cruciales para optimizar áreas como la logística y la ejecución, resultados que se reflejan en nuestra investigación donde la identificación de restricciones y la necesidad de planificación fueron puntos críticos. La alineación entre estos hallazgos sugiere que las prácticas recomendadas por Hoyos pueden ser igualmente aplicables en el contexto de la fabricación y montaje de estructuras metálicas.

Además, Pérez et al. (2019) exploraron el uso de Lean Construction y Building Information Modeling (BIM) en la gestión de proyectos de vivienda popular, evidenciando mejoras significativas en costos y tiempos de construcción. Aunque nuestro estudio no aplicó BIM, los conceptos de Lean Construction utilizados en la planificación y optimización de procesos se encuentran en consonancia con las mejoras observadas por Pérez et al. Esto resalta el potencial de Lean Construction no solo para mejorar la productividad, sino también para integrarse con otras tecnologías de gestión, como BIM, para lograr resultados aún más eficaces.

Por su parte, Salguin et al. (2016) enfocaron su estudio en cómo la filosofía Lean puede contribuir a la sostenibilidad ambiental mediante la reducción de residuos en la construcción. Si bien nuestro análisis no se centró en aspectos ambientales, la reducción de desperdicios y el

aumento de la eficiencia en los procesos productivos también se traducen en beneficios ambientales. La capacidad de Lean Construction para minimizar desperdicios, tanto en términos económicos como ambientales, es un aspecto que podría ser explorado más a fondo en futuros estudios en el contexto de la fabricación y montaje de estructuras metálicas.

Paredes-Gutiérrez et al. (2020) destacaron los beneficios de la programación por Líneas de Balance (LDB) en la mejora de la gestión del tiempo en la construcción de muros anclados. Nuestro estudio, que también identificó problemas en la planificación y control del cronograma, sugiere que la adopción de LDB u otras herramientas de planificación avanzada podría ser una solución efectiva para mejorar la productividad en proyectos de estructuras metálicas. La comparación de nuestros resultados con los de Paredes-Gutiérrez et al. resalta la necesidad de adoptar técnicas de planificación más visuales y detalladas para evitar retrasos y mejorar la coordinación de actividades en el sitio.

Finalmente, el estudio de Poveda et al. (2023) sobre el montaje de estructuras metálicas en Ecuador proporciona una perspectiva directa sobre los desafíos y mejoras potenciales en este tipo de construcción. Los resultados obtenidos por Poveda et al., que incluyen mejoras en la capacitación del personal y la disponibilidad de materiales, son altamente relevantes para nuestra investigación. Los desafíos identificados en nuestro análisis, como la falta de personal calificado y la escasez de materiales, son reflejados en el estudio de Poveda, lo que subraya la importancia de abordar estos aspectos para optimizar la productividad en el montaje de estructuras metálicas.

En conclusión, nuestros resultados coinciden en gran medida con los antecedentes revisados, destacando la importancia de una planificación adecuada, la implementación de Lean Construction, y la optimización de la gestión de recursos como factores clave para mejorar la productividad en la construcción. La aplicación de estas estrategias y herramientas

no solo puede mejorar la eficiencia en términos de tiempo y costo, sino también contribuir a una mayor sostenibilidad y calidad en los proyectos de construcción.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. La implementación de la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas en el Hospital de Apoyo Recuay ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la productividad. Al aplicar principios Lean, se ha logrado una reducción significativa en las tareas no productivas, mejorando la eficiencia y optimizando el uso de recursos. Las herramientas de calidad han permitido un control más riguroso del proceso, asegurando que las actividades se realicen con un estándar elevado, lo cual ha resultado en un progreso más consistente y menos desperdicios.
- 6.2. La herramienta Carta Balance ha permitido visualizar claramente la distribución de las actividades productivas, contributivas y no productivas en la fabricación y montaje de estructuras metálicas. Este análisis ha revelado áreas donde se puede mejorar la eficiencia, reduciendo las actividades que no agregan valor y optimizando el tiempo dedicado a tareas productivas.
- 6.3. El análisis de restricciones ha sido crucial para identificar los cuellos de botella en el proceso de fabricación y montaje. Al abordar estas restricciones, se ha mejorado el flujo de trabajo, lo que ha llevado a una mayor productividad y a una reducción de los tiempos de espera y retrabajos.
- 6.4. El diagrama de flujo ha facilitado la comprensión de los procesos involucrados en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, permitiendo una mejor organización y coordinación de las actividades. Esto ha resultado en un proceso más fluido y menos propenso a errores o malentendidos.
- 6.5. El diagrama Ishikawa ha sido eficaz para identificar y categorizar las causas principales de la baja productividad en la obra. Este análisis ha permitido abordar problemas

específicos relacionados con la mano de obra, las máquinas, los materiales y el entorno de trabajo, lo que ha contribuido a una mejora general en la eficiencia.

## VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Es fundamental continuar con la aplicación de la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad en futuros proyectos, no solo para mantener las mejoras logradas sino para seguir optimizando los procesos. Se recomienda capacitar continuamente al personal en estas metodologías y herramientas para asegurar su correcta implementación y adaptar las prácticas a las necesidades específicas de cada proyecto.
- 7.2. Se recomienda utilizar la Carta Balance como una herramienta estándar en la planificación y monitoreo de proyectos similares. Esto permitirá identificar rápidamente las ineficiencias y realizar ajustes necesarios a tiempo, asegurando un uso óptimo del tiempo y los recursos en cada fase del proyecto.
- 7.3. Es recomendable realizar análisis de restricciones de manera regular a lo largo del proyecto, especialmente antes de iniciar fases críticas de fabricación o montaje. Esto permitirá anticipar problemas y planificar soluciones antes de que impacten negativamente en el cronograma del proyecto.
- 7.4. Se recomienda elaborar y utilizar diagramas de flujo detallados para todos los procesos clave en proyectos de construcción. Estos diagramas deben ser revisados y actualizados regularmente para reflejar cambios en los procesos o en las condiciones de la obra, asegurando así que todos los involucrados comprendan su rol y las interacciones entre las diferentes tareas.
- 7.5. Se recomienda utilizar el diagrama Ishikawa en la fase inicial de cada proyecto para identificar potenciales problemas y desarrollar estrategias para mitigarlos desde el inicio. Además, es útil para realizar análisis de causas después de la ejecución de actividades críticas, asegurando que se aborden todas las áreas problemáticas antes de avanzar a las siguientes fases del proyecto.

## VIII. REFERENCIAS

- Acosta, D. (2018). *Aplicación de herramientas de control bajo el sistema Last Planner en dos proyectos de edificaciones de Lima Metropolitana*. [Tesis de grado, Universidad San Ignacio de Loyola, Perú].  
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4b24559b-325d-4891-814e-168ca6359865/content>
- Alcaide, A. y Ruiz, A. (2021). La aplicación del color sobre la arquitectura moderna: Revisión de los proyectos de Bruno Taut y Le Corbusier. *ESTOI. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 10(20), 250-267.  
<https://doi.org/10.18537/est.v010.n020.a13>
- Anaya, O. e Inga, M. (2019). *Aplicación de sectorización para una mejora de la rentabilidad en la obra zona minoritaria Unicachi, en Comas, año 2019*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma, Perú].  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2632>
- Aparicio, L., Amaya, O. y Devia, P. (2023). Aplicación de Deep Learning para la identificación de defectos superficiales utilizados en control de calidad de manufactura y producción industrial: una revisión de la literatura. *Ingeniería*, 28(1).  
<https://doi.org/10.14483/23448393.18934>
- Arias, K. y Yapuchura, V. (2019). *Aplicación del método Last Planner System enfocado a criterios de sectorización para la construcción de centros comerciales, en la provincia de Tacna, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna, Perú].  
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/831/Arias-Maldonado-Yapuchura-Platero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Castaño, P., Sánchez, J. y García, J. (2021). Revisión bibliográfica sobre el estudio de pérdidas en la construcción bajo principios Lean. *Revista UIS Ingenierías*, 20(4), 27-44. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n4-2021003>
- Castro, F., Castro, E., Osorio, J. y Merizalde, J. (2022). Causas de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador. *Gaceta Técnica*, 23(1), 3-19. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.2>
- Collachagua, I. (2017). *Aplicación de la filosofía Lean construction en la construcción de departamentos multifamiliares “La Toscana”, como herramienta de mejora de la productividad*. [Tesis de grado, Universidad Continental, Perú].
- Cortés, M., Muñoz, D. y Ávila, M. (2020). Principales requerimientos de una herramienta TI basada en last planner® system. *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(2), 126-134. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-50732020000200126&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732020000200126&lng=es&nrm=iso)
- Cruz, N. y Centeno, E. (2019). La construcción epistemológica en Ingeniería Civil: visión de la Universidad de Costa Rica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 19(1), 164-195. <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v19i1.35328>
- De la Vega, H., Palomino, J., Gutiérrez, H. y Salcedo, E. (2018). *Mejora de la productividad implementando el sistema lean construction en la ejecución de obras por administración directa de infraestructuras educativas públicas*. [Tesis de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas, Perú]. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624257/De%20La%20Vega\\_rh.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624257/De%20La%20Vega_rh.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Díaz, L., Oliveira, M., Pucharelli, P. y Pinzón, J. (2019). Integración entre el sistema last planner y el sistema de gestión de calidad aplicados en el sector de la construcción civil.

*Revista Ingeniería de Construcción*, 34(2), 146-158. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000200146>

Figuroa, M., Diez, A., Castrillón, L. y Manrique, E. (2017). Simulación, Implementación y Pruebas de un Sistema de Compensación en Corriente Directa basado en Ultra Capacitores, para Sistemas Ferroviarios. *Información Tecnológica*, 28(1), 179-188. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000100018>

Flores, H. (2022). *Metodología Last Planner System y planificación de obras en empresas constructoras de la Provincia de San Martín – 2022*. [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo, Perú]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/95886/Flores\\_VHA-SD.pdf?sequence=4](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/95886/Flores_VHA-SD.pdf?sequence=4)

Garcés, G. y Peña, C. (2023). A Review on Lean Construction for Construction Project Management. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38(1), 43-60. <http://dx.doi.org/10.7764/ric.00051.21>

Giménez, Z. (2022). Industria de la construcción: ¿fragmentada o integrada? *Gaceta técnica*, 23(1), 1-2. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.1>

González, A. y Estrada, R. (2015). Análisis dinámico por elementos finitos del conjunto soporte-captador de alta frecuencia de un tren subterráneo. *Ingeniería Mecánica*, 18(1), 23-30. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59442015000100003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442015000100003)

Hoyos, M. y Botero, L. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1). <https://doi.org/10.14482/inde.36.1.10946>

- Hoyos, M. y Botero, L. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 187-214. <https://doi.org/10.14482/inde.36.1.10946>
- Hoyos, U. (2023). *Implementación de la metodología Lean Construction para mejorar la gestión de la construcción de viviendas de interés social, Rioja, 2022*. [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae, Perú]. [https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/2000/1.%20TSP\\_HOYOS%20VASQUEZ%2C%20UBILDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/2000/1.%20TSP_HOYOS%20VASQUEZ%2C%20UBILDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Huapaya, C. y Torres, H. (2021). *Implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la Institución Educativa N°21508 ubicado en el distrito de Imperial - Provincia de Cañete - Departamento de Lima*. [Tesis de grado, Universidad de San Martín de Porres, Perú]. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8713>
- Llerena, D. (2019). *Mejora de la productividad aplicando las herramientas Lean Construction en la ejecución del edificio Liberty de 20 pisos en la etapa de Casco Estructural ubicado en el distrito de Pueblo Libre*. [Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres, Perú]. [https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5904/llerena\\_vdm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5904/llerena_vdm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Michalski, A., Glodzinski, E. y Bee, K. (2022). Técnicas de gestión de la construcción esbelta y tecnología BIM: revisión sistemática de la literatura. *Procedia Informática*, 196, 1036-1043. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.107>
- Miranda, M. y Torobisco, E. (2019). *Evaluación de la eficiencia de la aplicación del Last Planner System en un proyecto de construcción en la etapa de acabados-Arquitectura del Perú en el año 2019*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú].

[https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3532/Maykol%20Miranda\\_Esmeralda%20Torobisco\\_Trabajo%20de%20Investigacion\\_Bachiller\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3532/Maykol%20Miranda_Esmeralda%20Torobisco_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Miranda, M., Torobisco, E. y Gómez, R. (2020). Evaluación de la eficacia de la aplicación de last planner system en un proyecto de construcción en la etapa de acabados - arquitectura en Perú en el año de 2019. *Investigación y Desarrollo*, 20(1), 193-213. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312020000100014](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312020000100014)
- Navarro, D. y Lanzón, M. (2018). Materiales de construcción. Estrategias para su enseñanza en las escuelas de arquitectura. *ESTOA, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 7(14), 81-98. <https://doi.org/10.18537/est.v007.n014.a03>
- Osunsammi, T., Oke, A. y Clinton, A. (2019). Lean Construction Supply Chain: A Bibliometric Analysis of the Knowledge Base. *Modular And Offsite Construction*, 1(1).
- Paredes-Gutiérrez, S., Torres-Tacuri, H. y Gómez-Minaya, R. (2020). Programación de la construcción del tercer anillo de muros anclados de una edificación aplicando el método de línea balance. *Investigación y Desarrollo*, 20(1), 173-192. [http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v20n1/v20n1\\_a13.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v20n1/v20n1_a13.pdf)
- Pérez, G., Del Toro, H. y López, A. (2019). Mejora en la construcción por medio de lean construction y building Information Modeling: caso de estudio. *RITI*, 7(14), 110-121. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.010>
- Pérez, G., Rosales, J., López, A., Ponce, C. y Rodríguez, E. (2019). Evaluación de la gestión en la construcción de una tienda de conveniencia por medio de lean construction. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13(3), 1-13. <https://www.redalyc.org/journal/1939/193961007001/html/>

- Pinzón, J. y Millán, A. (2017). Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios del PMI y la experiencia. *Prospectiva*, 15(2), 51-59. <https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.746>
- Poveda-Pulla, M. y Vásquez-Quiroz, P. (2023). Análisis de Variables y Propuesta de Mejora del Rendimiento de Montaje de Estructuras Metálicas en Cuenca-Ecuador. *Revista Multidisciplinaria Arbitrada de Investigación científica*, 7(3), 432-460. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.432-460>
- Quispe, R. (2017). *Aplicación de “lean construction” para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Perú]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/14979/Quispe\\_MRE.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/14979/Quispe_MRE.pdf?sequence=1)
- Razo, D. y García, O. (2021). Evaluación integral de la seguridad estructural de edificaciones existentes dañadas por sismos de gran magnitud. *Ingeniería Sísmica*, (104). <https://doi.org/10.18867/ris.104.565>
- Salgin, B., Arroyo, P. y Ballard, G. (2016). Explorando la relación entre los métodos de diseño lean y la reducción de residuos de construcción y demolición: tres estudios de caso de proyectos hospitalarios en California. *Revista Ingeniería de Construcción*, 31(3), 191-200. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000300005>
- Sandoval, L., Ruiz, J. y López, G. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *Ingeniería hidráulica y Ambiental*, 37(2), 29-43. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382016000200003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000200003)
- Serpell, A. y Verbal, R. (1990). Análisis de operaciones mediante carta de balance. *Revista Ingeniería de Construcción*, (9), 1-16.

- Soto, D. (2017). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de departamentos multifamiliares “La Toscana”, como herramienta de mejora de la productividad.* [Tesis de grado, Universidad Continental, Perú].  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/3591>
- Taype, A. (2018). *Implementación de Lean Construction para incrementar la productividad en la empresa Constructora Royal Sun Corporation, Lima, 2018.* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Perú].  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44850/TAIPE\\_GAE\\_S D.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44850/TAIPE_GAE_S D.pdf?sequence=8&isAllowed=y)
- Valdes, Y., García, T. y González, T. (2022). Material de estudio sobre calidad en la construcción para la carrera Ingeniería Civil. *EduSol*, 22(78), 191-205.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-80912022000100191](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-80912022000100191)
- Zambrano, C., Lao, Y. y Moreno, M. (2019). El pensamiento lean desde la manufactura hasta la salud: una revisión de la literatura. *Correo Científico Médico*, 23(3), 876-894.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1560-43812019000300876](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812019000300876)

## IX. ANEXOS

## Anexo A. Matriz de consistencia

<b>IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION Y HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, HOSPITAL DE APOYO RECUAY, ANCASH, 2023</b>				
<b>Problemas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>		Herramientas carta blanca	<b>Enfoque:</b>
¿De qué manera la implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad mejora la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay, Ancash, 2024?	Implementar la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay, Ancash, 2024	<b>V. Independiente</b>  Metodología Lean Construction y herramientas de calidad	Análisis de restricciones  Diagrama de flujo  Diagrama Ishikawa	Cuantitativo  <b>Tipo:</b> Descriptivo
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>			<b>Diseño:</b>
¿De qué manera la implementación de la herramienta carta balance mejora la productividad en la edificación en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay?	Implementar la herramienta Carta Balance para mejorar la productividad en la en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay	<b>V. Dependiente</b>  Productividad	Trabajo productivo	Aplicado  <b>Población:</b>

<p>¿De qué manera la implementación del análisis de restricciones mejora la productividad en la en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay?</p>	<p>Implementar el análisis de restricciones para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay</p>		<p>Trabajo contributivo Trabajo no contributivo</p>	<p>Se tomará como población la ejecución de la obra de mejoramiento de los servicios de salud en cuanto a fabricación y montaje de estructuras metálicas del hospital Recuay para el aprovisionamiento de estrategias de ejecución fundamentadas en la implementación de la metodología Lean construction y herramientas de calidad para mejorar la productividad de obra.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra se centrará en el análisis del casco estructural de la obra en cuestión con enfoque de estructuras la cual será determinada por medio de la metodología Lean construction para alcanzar una mayor productividad.</p>
<p>¿De qué manera la implementación del diagrama de flujo mejora la productividad en la en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay?</p>	<p>Implementar el diagrama de flujo para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay</p>			

<p>¿De qué manera la implementación del diagrama Ishikawa mejora la productividad en la en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay?</p>	<p>Implementar el diagrama Ishikawa para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas, Hospital de Apoyo Recuay</p>			
---	--	--	--	--

**Anexo B.** Carta de solicitud**CARTA N° 01**

Lima, 27 de octubre del 2023

**AYA Ingeniería Metálica y Servicios Generales SAC**  
**RUC: 20601122864**  
**Sra. Consuelo Roxana Morales Huaytan**  
**Gerente General**

Estimada Sra Consuelo:

Por medio de la presente me dirijo a Ud. Con la finalidad de solicitarle me conceda autorización para desarrollar el proyecto de Tesis de Grado para la titulación de ingeniero Civil en la prestigiosa empresa del cual usted es gerente.

El tema a desarrollar se basa en **IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION Y HERRAMIENTAS DE CALIDAD PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, HOSPITAL DE APOYO RECUAY, ANCASH, 2023**, proyecto adjudicado a su representada en el año 2023, por lo cual es necesario información con respecto al trabajo desarrollado dentro de la empresa.

Por la gentil atención a la presente solicitud, le anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente.



---

David Manuel Chagua Rojas  
Bachiller de Ingeniería Civil  
UNFV

## Anexo C. Carta de autorización

**CARTA N° 21 - 2023**

Lima, 03 de noviembre del 2023

Yo, Consuelo Roxana Morales Huaytan, identificado con DNI: 42326004, en calidad de Gerente General cuyo mandato se haya inscrito en la ficha No. 13581675 Registros Públicos, de la empresa AYA Ingeniería Metálica y Servicios Generales SAC s, con R.U.C N° 20601122864 y ubicado en Lima – Perú.

**OTORGO LA AUTORIZACIÓN,**

Al señor David Manuel Chagua Rojas, identificado con DNI N° 48170333, bachiller de ingeniería civil de la Universidad Nacional Federico Villarreal se le autoriza que utilice la siguiente información de la empresa:

***Subcontrato CSII-P21029-PRY-REC-CON-AYA-037-2023, adjudicación del paquete de "Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas y Cobertura para el Hospital Apoyo Recuay II-1", con la finalidad de que pueda desarrollar su Tesis o Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de Título Profesional.***

Asimismo, se solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, sin otro particular, se expide la siguiente carta para fin solicitado.

Atentamente

AYA INGENIERIA METALICA Y  
SERVICIOS GENERALES S.A.C.  
.....  
Consuelo R. Morales Huaytan  
Gerente General

Consuelo R. Morales Huaytan  
DNI: 42326004



Anexo E. Complementos de detalles

	<b>SOLICITUD DE CAMBIO</b>		Código:	CSU-SU7-DIS-FO-10	
			Versión:	02	
			Fecha:	30/09/2023	
			Página:	1	
Proyecto:	MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL HOSPITAL DE APOYO RECUAY				
Ubicación:	RECUAY - ÁNCASH				
Cliente:	AUTORIDAD PARA LA RECONSTRUCCIÓN CON CAMBIOS				
Nº de Solicitud:	CSII-SDC-HR7-001-2023	Revisión:	R00		
Asunto:	COMPLEMENTACION DE DETALLES DE ESTRUCTURAS METALICAS Y COBERTURAS DE TECHO DE EDIFICIO PRINCIPAL				
Fecha de Emision:	14/12/2023				
Área:	DISEÑO	Especialidad:	ARQUITECTURA - ESTRUCTURAS		
Plano/Documento:	100012-CSII001-141-RL-DR-ST-001101 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000601 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000701 100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000702 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000703 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000139 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000164 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000165 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000166 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000167 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000195 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000052 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000143 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000203 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000138 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000142 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000281 / 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000200				
Solicitado por:		Cargo:			
<b>1. DESCRIPCIÓN</b>					
Según los Planos descritos líneas arriba se tiene en algunos casos INCOMPATIBILIDAD, FALTA DE INFORMACION, además de algunas Propuestas por temas de facilidad de Montaje o por Falta de Detalle.					
<b>2. ANTECEDENTES</b>					
El diseño del Hospital de Recuay se encuentra aceptado en fase 5 - Construcción. Debido a que estamos en un proyecto con metodología fast-track y con la responsabilidad del diseño a cargo del contratista, el equipo de diseño realiza una permanente revisión y estudio de las soluciones del diseño durante todas las fases del proyecto, para garantizar la coordinación de las especialidades, cumplimiento normativo e idoneidad funcional que mejora el diseño aceptado. En ese sentido, con el avance del proyecto se han realizados actualizaciones de los planos que han sido emitidas y aceptadas mediante comunicaciones, es oportuno resumirlos y emitirlos como parte de los continuos entregables que pertenecen a la fase que se viene desarrollando.					

**3. SUSTENTO TÉCNICO - NORMATIVO**

**3.1 Situación que origina la necesidad del informe**

1.- Según Plano 100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000052 Rev5, existe incompatibilidad ya que como planos iniciales que nos proporcionaron solo indica una Preparación Superficial SSPC6 (ARENADO COMERCIAL) y posterior Pintura Epoxica, pero nos indicaron que existía una revision superior (Rev.6) en la cual la Especificación de Pintura es GALVANIZADO EN CALIENTE y posterior Pintura Epoxica.

**ESPECIFICACIONES DE PINTURA**

1. ADICIONAR TODOS LOS ELEMENTOS DE ACERO ESTARÁN CUBIERTOS POR UN SISTEMA DE PINTURA TERNOPOLYMER ARENADO COMERCIAL POR EL SUPERVISOR Y SER ALUMBRADO POR LA ESPECIFICACION SSPC6P EL MATERIAL DE ACEROS AL CARBONO PRECOMERCIADO.

A. INFORMACIONES DE SERVICIO: PREPARACION A LA APLICACION DE LA PINTURA. TODOS LOS ELEMENTOS DE ACERO DEBEN SER ARENADOS, LIMPIADOS Y CUBIERTOS DE SOLDADURA. REVISAR EL FONDO DE LOS CORDONES Y LOS CORDONES EN SI MISMO PARA TENER UN ABRASADO DE 100 MICRONES. EL ABRASADO DEBE SER APROBADO POR EL SUPERVISOR ADICIONADO DE EL PLANEO Y EL FONDO DE LOS CORDONES DEBE SER APROBADO POR EL SUPERVISOR ADICIONADO DE EL PLANEO. LA SUPERFICIE DE LOS ELEMENTOS DE ACERO DEBE SER APROBADA CON LA ESPECIFICACION SSPC6P QUE CORRESPONDE AL MATERIAL METALICO.

B. PRIMERA MANO EN TALLER: AUTOCOMBUSTIBLE EPOXI POLIURETANO 50 MICRONES

C. SEGUNDA MANO EN TALLER: EPOXI POLIURETANO DE COLOR BLANCO AL ABRASADO 75 MICRONES

D. TERCERA MANO EN SITIO O EN TALLER: EPOXI POLIURETANO DE COLOR BLANCO 75 MICRONES. ESPESOR TOTAL DEL FILM SECO 230 MICRONES.

F. EL TALLER A TRABAJAR DEBE TENER LAS SIGUIENTES CAPAS DE MANEJERIA (M10 - 4 Y 22 HORAS).

100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000052 Rev.5

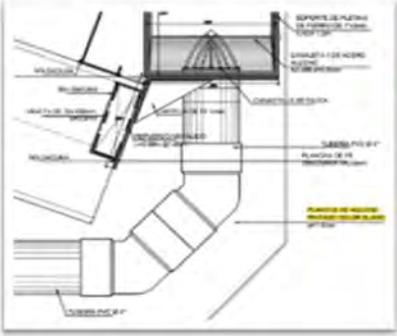
**ESPECIFICACIONES DE PINTURA**

1. ADEMÁS DE HABER USADO UNA CAPA GALVANIZADA TODOS LOS ELEMENTOS DE ACERO ESTARÁN CUBIERTOS POR UN SISTEMA DE PINTURA DE ADEUDO A LA NORMA ISO 12944 EN LA CATEGORIA DE PINTURA CON CORROSION MODERADA.

2. LA SUPERFICIE METALICA DEBE SER INSPECCIONADA EN UN PERIODO NO MAYOR A DOS AÑOS. EN CASO SE ENCUENTREN SIGNOS DE OXIDACION, SE DEBE RESANAR BAJO EL ESTANDAR INDICADO.

100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000052 Rev.6

2.- Según Plano 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000164 C01, se indica un espesor de 1.5mm y color blanco para la Cobertura de Canaleta, pero debido a que este espesor NO es comercial se esta realizando el cambio a un espesor de 0.5mm con un bastidor metalico y su color sera del RAL 3016.



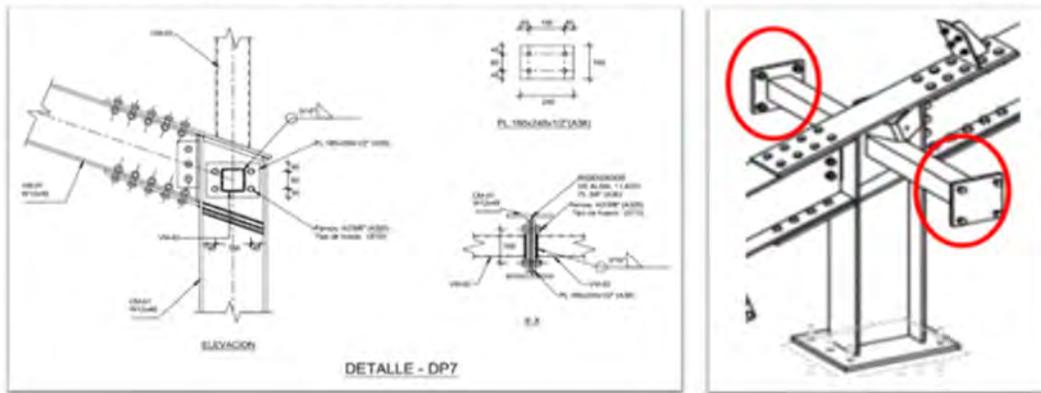
RE: PLANCHA ALUZINC DE 1.5 mm Proyecto Hospital de Recuay

**Arq. Martha Pinedo**

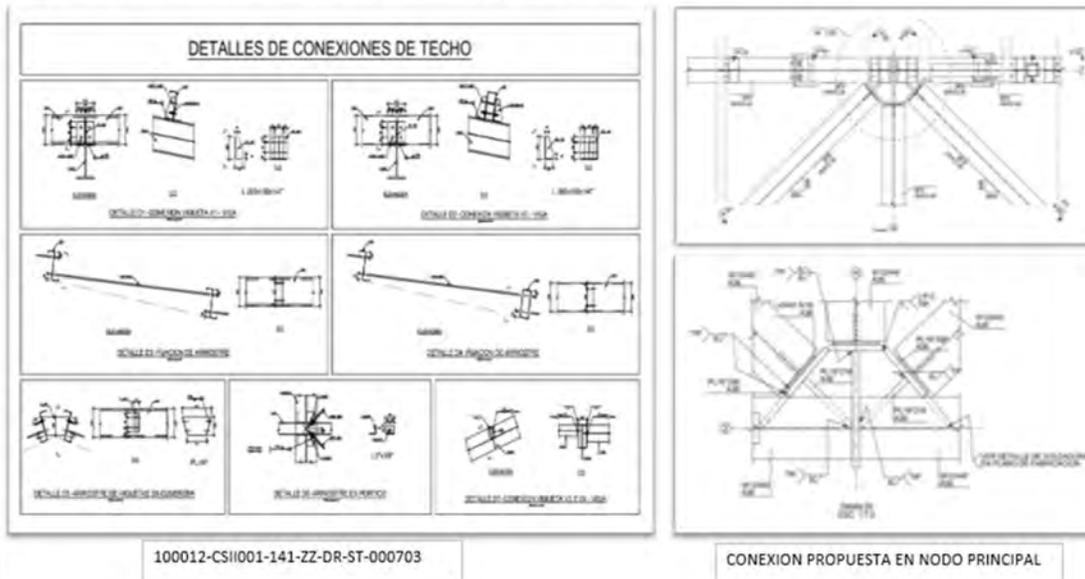
CONSTRUCCIÓN MODULAR INDUSTRIALIZADA



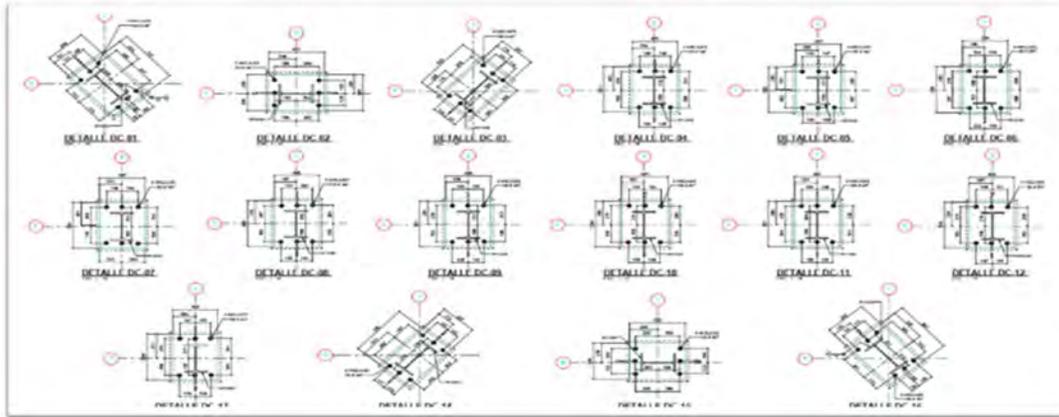
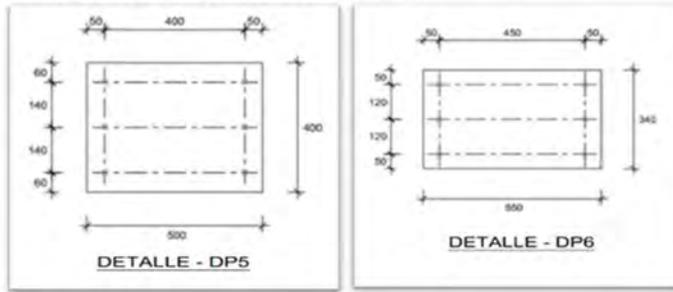
7.- Según Plano 100012-CSI001-141-ZZ-DR-AR-000702 C01, en el Detalle DP7 se puede apreciar que el elemento VM02, se emperna al alma de la Columna CM01, nosotros por un tema de facilidad en el montaje se esta proponiendo que del Alma de las Columnas CM01 vaya soldado un TC con Brida en los extremos para que se pueda empernar con las Vigas VM02.



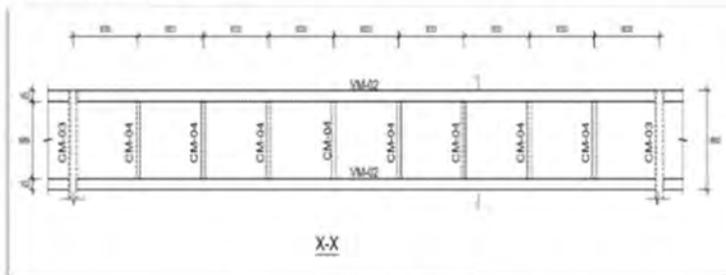
8.- Según Plano 100012-CSI001-141-ZZ-DR-AR-000703 C01, que hace referencia a los Detalles de Conexiones de Techo, en el cual se aprecia que no existe mayor detalle sobre el Nodo Principal (2 unid) en cada Techo Metalico del Edificio Principal.



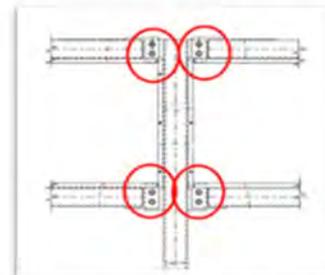
9.- Según Plano 100012-CSII001-141-ZZ-DR-AR-000701 C01, en los Detalles DP5 y DP6 hace mención al dimensionamiento de la plancha Base y su respectiva distribución de agujeros, ya que nosotros no hemos realizado la instalación de los pernos de anclajes, nosotros realizamos un Levantamiento Topográfico con lo cual , hemos aumentado el dimensionamiento de las Planchas Base tomando en consideración la distancia mínima que debe existir entre los ejes de los agujeros y bordes de las Planchas Base.



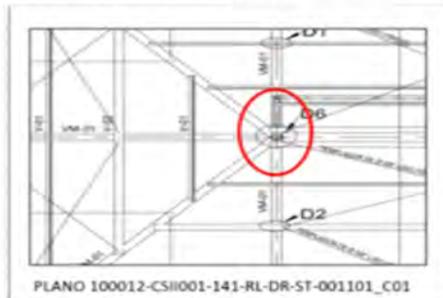
10.- Según Plano 100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000702 C01 , en el Detalle X-X se aprecia que el elemento VM02 , se une mediante soldadura con la Columna CM03, nosotros por tema de facilidad de montaje y de minimizar los Resanes ocasionados por el trabajo de Soldadura , es que se esta proponiendo que este tipo de union sea EMPERNADA.



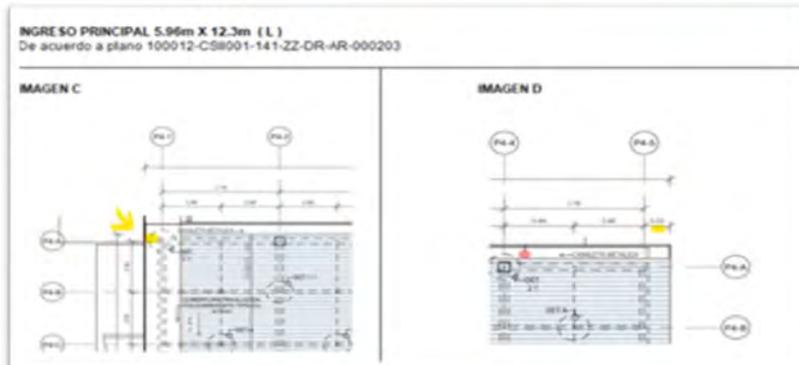
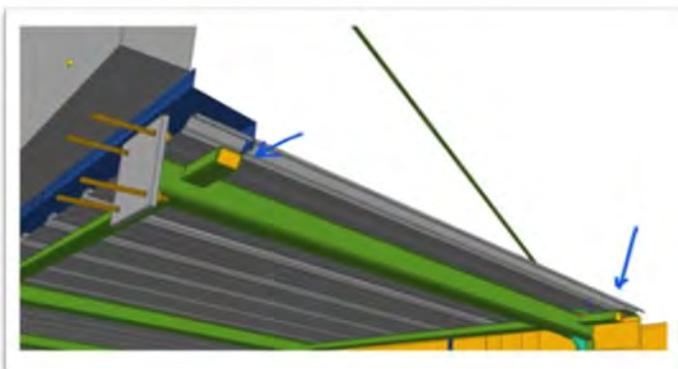
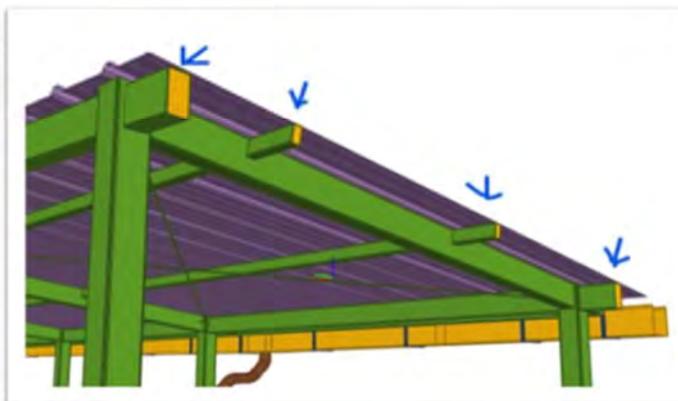
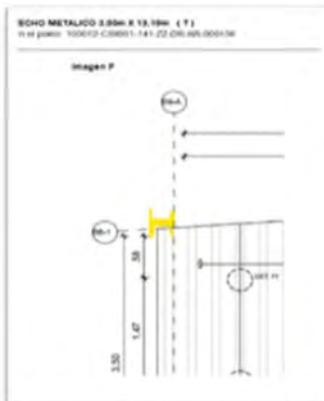
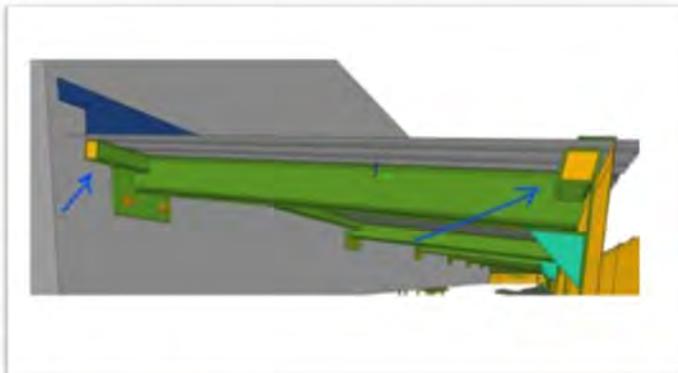
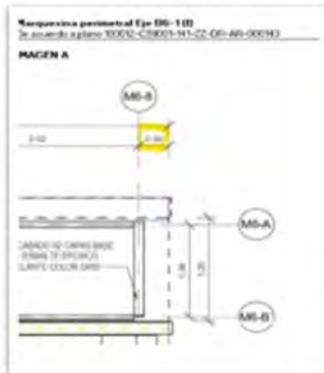
100012-CSII001-141-ZZ-DR-ST-000702



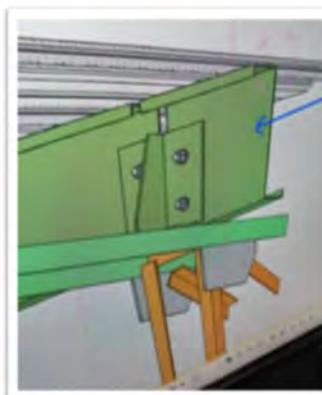
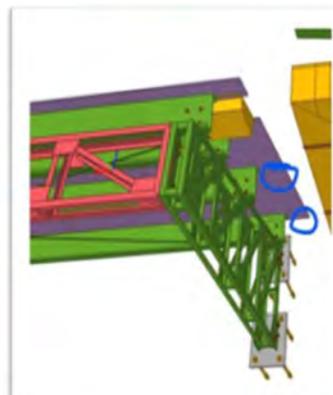
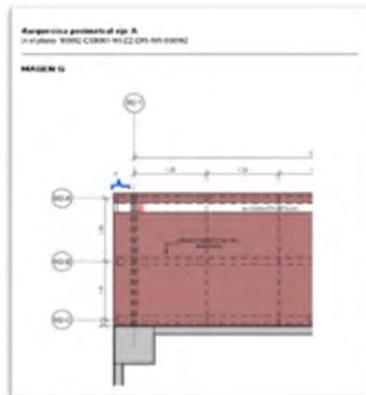
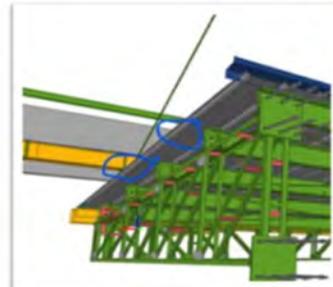
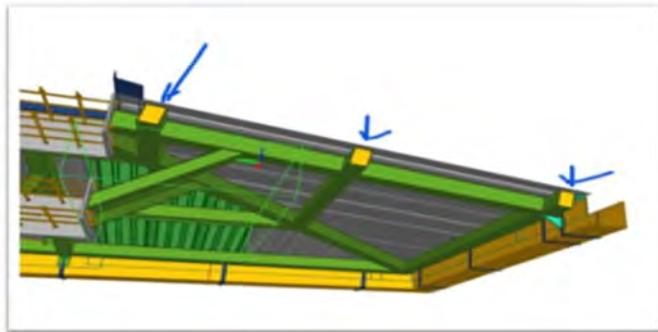
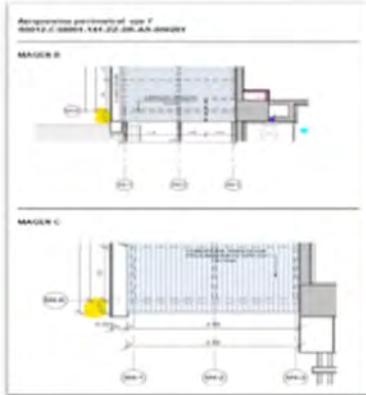
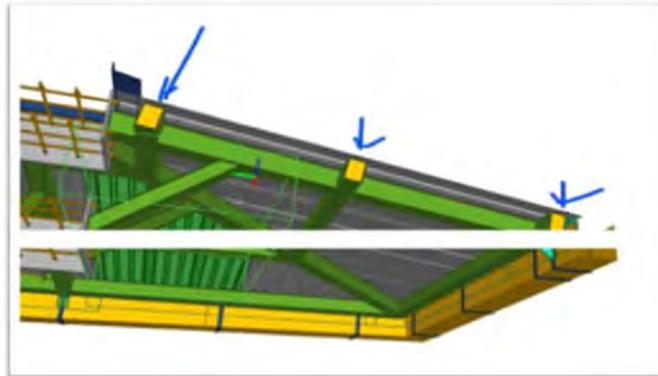
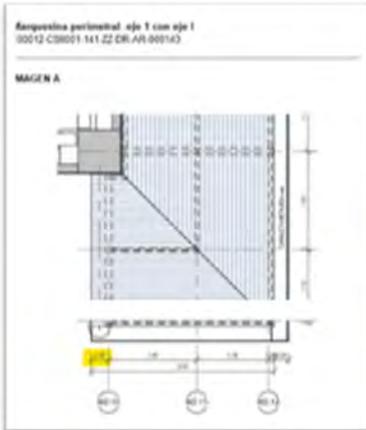
11.-Según Plano 100012-CSII001-141-RL-DR-ST-001101 C01, no se considero un soporte para las Cobertura Metalica cerca de los Nodos Principales ya que existe que la Cobertura no se encuentre fija al 100%.



12.- Según Planos 100012-CS001-141-ZZ-DR-AR-000143 C01 , 100012-CS001-141-ZZ-DR-AR-000203 C01 , 100012-CS001-141-ZZ-DR-AR-000138 C01 , 100012-CS001-141-ZZ-DR-AR-000142 C01 , se aprecian techos de las Marquesinas y Edificios No Aislados en los cuales la Cobertura vuela entre 210 a 300 mm , con lo cual al NO tener un apoyo o fijación no se garantiza el adecuado funcionamiento de dicho Elemento.  
Se propone colocar un apoyo y este se adicionara a la Estructura Metalica.



13.- Según Planos 100012-CS0001-141-ZZ-DR-AR-000143 C01 , 100012-CS0001-141-ZZ-DR-AR-000281 C01 , 100012-CS0001-141-ZZ-DR-AR-000200 C01 , 100012-CS0001-141-ZZ-DR-AR-000142 C01 , se aprecian techo de Marquesinas Perimetrales del Edificio Principal en el cual la Cobertura vuela entre 270 a 320 mm , con lo cual al NO tener un apoyo o fijación no se garantiza el adecuado funcionamiento de dicho Elemento. Se propone colocar un apoyo y este se adicionara a la Estructura Metalica.



## Anexo F. Metrados (Presupuesto)

		DIVISION DE PROYECTOS AYA INGENIERÍA METÁLICA						PRE-AYA- 008-23 ACTUALI ZADO	
<b>OBRA :</b>	Hospital de apoyo Recuay II	<b>EMITIDO POR :</b>				V.G.	<b>FECHA :</b>		
<b>CLIENTE :</b>	CONSORCIO SUYAY II	<b>CONTRATO:</b>				Precios Unitarios	18/08/2023		
<b>ATENCIÓN</b>	Equipo de Procura – Paquete 7 Salud	<b>UBICACIÓN:</b>				Recuay - Ancash			
<b>PRESUPUESTO FABRICACIÓN Y MONTAJE DE EEMM Y COBERTURAS</b>									
Partida	Descripción	U n.	Metrado contractual	Mayor metrado	Men or metra do	Metra do Total	PU	Parcia l US\$	Total US\$
<b>01.00</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES</b>								<b>\$ 160,171.00</b>
01.01	Traslado de materiales ( Lima - Recuay)	k g.	115,560.00	47,504.5 5		163,0 64.55	\$ 0.17	\$ 27,720. 97	
01.02	Habilitación provisional de energía eléctrica en obra	u n d	1.00			1.00	\$ 3,064.55	\$ 3,064.5 5	
01.03	Camion grúa para izajes	dí a	45.00	90.00		135.0 0	\$ 503.72	\$ 68,002. 20	
01.04	Grua telescópica	m es	1.75			1.75	\$ 33,247.59	\$ 58,183. 28	
01.05	Movilización y desmovilización	gl b.	1.00			1.00	\$ 3,200.00	\$ 3,200.0 0	
<b>02.00</b>	<b>SEGURIDAD , SALUD Y MEDIO AMBIENTE</b>								<b>\$ 11,224.08</b>
02.01	Mitigación ambiental (Limpieza permanente)	m es	1.95	3.00		4.95	\$ 459.78	\$ 2,275.9 1	

02.02	Equipos de protección colectiva	gl b.	1.00			1.00	\$ 667.23	\$ 667.23	
02.03	Equipos de protección personal personal obrero ( E050)	jg o.	43.00			43.00	\$ 59.24	\$ 2,547.32	
02.04	Examen médico ocupacional (INGRESO) personal obrero	u n.	43.00			43.00	\$ 66.67	\$ 2,866.81	
02.05	Examen médico ocupacional (SALIDA) personal obrero	u n.	43.00			43.00	\$ 66.67	\$ 2,866.81	
<b>03.00</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD COVID -19</b>							\$ 3,109.72	
03.01	Medidas de prevención y control del COVID-19	m es	1.95			1.95	\$ 1,594.73	\$ 3,109.72	
<b>04.00</b>	<b>CONDICION DE SITIO AL PERSONAL OBRERO</b>							\$ 45,499.74	
04.01	Condición de sitio personal foraneo calificado	m es	1.95	0.53		2.48	\$ 18,346.67	\$ 45,499.74	
<b>05.00</b>	<b>ESTRUCTURAS METÁLICAS - EDIFICIO PRINCIPAL</b>							\$ 582,956.77	
<b>05.01</b>	<b>TECHO METÁLICO 14.40m x 42.94m (Extremos)</b>							mayomes metrados	
05.01.01	Vigas	k g	37,256.74	8,865.28		46,122.02	\$ 3.54	\$ 163,271.95	\$ 31,383.09
05.01.02	Templador Liso Ø5/8" (típico)	m	715.99	9.07		725.06	\$ 8.89	\$ 6,445.78	\$ 80.59
05.01.03	Arriostre Liso Ø1/2"	m	391.23	68.46		459.69	\$ 8.02	\$ 3,686.71	\$ 549.08
05.01.04	Columnas	k g	3,141.91	3,697.18		6,839.09	\$ 3.54	\$ 24,210.38	\$ 13,088.02
05.01.05	Coberturas TI de aluzinc de 0.5 mm Color rojo	m 2	1,603.41	531.88		2,135.29	\$ 21.01	\$ 44,862.44	\$ 11,174.85



05.04.01	Vigas	k g	5,481.49	932.99		6,414. 48		\$ 3.61	\$ 23,156. 27	
05.04.02	Tensor liso Ø5/8"	m	47.13		-1.05	46.08		\$ 7.99	\$ 376.57	
05.04.03	Templador de Ø1/2" Liso (típico)	m	179.51		- 106. 04	73.47		\$ 3.88	\$ 696.50	
05.04.04	Arriostre Liso Ø1/2"	m	63.48	115.37		178.8 5		\$ 3.88	\$ 246.30	
05.04.05	Cobertura policarbonato	m 2	260.79	1.64		262.4 3		\$ 26.27	\$ 6,850.9 5	
05.04.06	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	43.65		-0.01	43.64		\$ 38.77	\$ 1,692.3 1	
<b>05.05</b>	<b>Marquesina Perimetral (Superior - Eje 1)</b>									
05.05.01	Vigas	k g	2,210.24	2,131.41		4,341. 65		\$ 3.61	\$ 15,673. 36	
05.05.02	Templador de Ø3/8" Liso (típico)	m	46.58		- 46.5 8	0.00		\$ 3.89	\$ -	
05.05.03	Cobertura policarbonato	m 2	143.18	9.36		152.5 4		\$ 26.27	\$ 4,007.2 3	
05.05.04	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	51.06	14.48		65.54		\$ 38.77	\$ 2,540.9 9	
<b>05.06</b>	<b>Marquesina Perimetral (Inferior - Eje 1)</b>		<b>Se retiró del alcance a solicitud del cliente</b>							
05.06.01	Vigas	k g								
05.06.02	Cobertura policarbonato	m 2								
<b>05.07</b>	<b>Marquesina Perimetral (Inferior - Eje A)</b>									
05.07.01	Vigas	k g	2,015.49	1,182.50		3,197. 99		\$ 3.61	\$ 11,544. 74	

05.07.02	Templador de Ø3/8" Liso (típico)	m	12.16	71.59		83.75		\$ 3.89	\$ 325.79	
05.07.03	Cobertura policarbonato	m <sup>2</sup>	113.56		- 55.32	58.24		\$ 26.27	\$ 1,529.96	
05.07.04	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	23.78	22.65		46.43		\$ 38.77	\$ 1,800.09	
<b>05.08</b>	<b>Marquesina Perimetral (Inferior Eje 7)</b>									
05.08.01	Vigas	kg	2,082.96	1,530.14		3,613.10		\$ 3.61	\$ 13,043.29	
05.08.02	Cobertura policarbonato	m <sup>2</sup>	154.67		- 13.75	140.92		\$ 26.27	\$ 3,701.97	
05.08.03	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	65.31		- 13.26	52.06		\$ 38.77	\$ 2,018.37	
<b>05.09</b>	<b>Techo Metálico 5.05m x 6.24m (H)</b>									
05.09.01	Vigas	kg	960.90		- 380.57	580.33		\$ 3.47	\$ 2,013.75	
05.09.02	Columnas	kg	632.16	79.34		711.50		\$ 3.47	\$ 2,468.91	
05.09.03	Templador de Ø3/8" Liso (típico)	m	21.65		- 21.65	0.00		\$ 3.05	\$ -	
05.09.04	Coberturas TI de aluzinc de 0.5 mm Color rojo	m <sup>2</sup>	38.48		- 38.48	0.00		\$ 21.01	\$ -	
05.09.05	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	6.78		-6.78	0.00		\$ 38.77	\$ -	
<b>05.10</b>	<b>Marquesina Perimetral ( Eje B6-1) (I)</b>									
05.10.01	Vigas	kg	892.95	89.98		982.93		\$ 3.61	\$ 3,548.38	
05.10.02	Cobertura policarbonato	m <sup>2</sup>	45.37	7.08		52.45		\$ 26.27	\$ 1,377.86	

05.10.03	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	38.20		-0.39	37.81		\$ 38.77	1,465.89	
<b>05.11</b>	<b>Techo a un agua 2.91m x 9.30m (J)</b>									
05.11.01	Vigas	kg	812.47		-122.99	689.48		\$ 3.47	2,392.50	
05.11.02	Columnas	kg	682.01		-26.78	655.23		\$ 3.47	2,273.65	
05.11.03	Templador de Ø3/8" Liso (típico)	m	21.50		-0.09	21.41		\$ 3.05	65.30	
05.11.04	Coberturas TI de aluzinc de 0.5 mm Color rojo	m <sup>2</sup>	34.78	0.46		35.24		\$ 21.01	740.39	
05.11.05	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	10.01	0.01		10.02		\$ 38.77	388.48	
<b>05.12</b>	<b>Postes para alumbrado (K)</b>									
05.12.01	Vigas	kg	616.54		-327.37	289.17		\$ 3.61	1,043.90	
05.12.02	Columnas	kg	304.90	410.87		715.77		\$ 3.61	2,583.93	
05.12.03	Cobertura policarbonato	m <sup>2</sup>	38.48		-0.09	38.39		\$ 26.27	1,008.51	
05.12.04	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	8.21	7.99		16.20		\$ 38.77	628.07	
<b>05.13</b>	<b>Ingreso principal 5.96m x 12.30m (L)</b>									
05.13.01	Vigas	kg	2,291.97	295.69		2,587.66		\$ 3.47	8,979.18	
05.13.02	Columnas	kg	509.45	74.71		584.16		\$ 3.47	2,027.04	
05.13.03	Templador de Ø1/2" Liso (típico)	m	44.86	13.28		58.14		\$ 3.05	177.33	
05.13.04	Coberturas TI de aluzinc de 0.5 mm Color rojo	m <sup>2</sup>	88.03	0.08		88.11		\$ 26.27	2,314.65	

05.13.05	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	27.98	0.05		28.03		\$ 38.77	1,086.72	\$
<b>05.14</b>	<b>Techo 8.23m x 11.58m (M)</b>									
05.14.01	Vigas	kg	2,940.72		-287.50	2,653.22		\$ 3.47	9,206.67	\$
05.14.02	Columnas	kg	419.38	118.96		538.34		\$ 3.47	1,868.04	\$
05.14.03	Coberturas TI de aluzinc de 0.5 mm Color rojo	m <sup>2</sup>	123.29		-6.21	117.08		\$ 21.01	2,459.85	\$
05.14.04	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	34.05	0.83		34.88		\$ 38.77	1,352.30	\$
<b>05.15</b>	<b>Perimetral de TVC (N)</b>									
05.15.01	Vigas	kg	790.60	169.74		960.34		\$ 3.61	3,466.83	\$
05.15.02	Cobertura policarbonato	m <sup>2</sup>	43.62		-1.52	42.10		\$ 26.27	1,105.97	\$
05.15.03	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	29.21		-1.90	27.31		\$ 38.77	1,058.81	\$
05.15.04	Tensor liso Ø1/2"									
<b>05.16</b>	<b>Marquesina tipo 5A (O)</b>									
05.16.01	Vigas	kg	732.18		-52.85	679.33		\$ 3.61	2,452.38	\$
05.16.02	Columnas	kg	446.34		-99.64	346.70		\$ 3.61	1,251.59	\$
05.16.03	Templador de Ø3/8" Liso (típico)	m	14.02	2.26		16.28		\$ 3.89	63.33	\$
05.16.04	Cobertura policarbonato	m <sup>2</sup>	20.75	0.25		21.00		\$ 26.27	551.67	\$
05.16.05	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	2.22		-0.62	1.60		\$ 38.77	62.03	\$

<b>05.17</b>	<b>Marquesina tipo 1 ( Extremo)</b>								
05.17.01	Vigas	kg	640.38		-66.85	573.53	\$ 3.61	2,070.44	\$
05.17.02	Columnas	kg	446.34		-99.64	346.70	\$ 3.61	1,251.59	\$
05.17.03	Templador de Ø3/8" Liso (típico)	m	16.52		-2.63	13.90	\$ 3.89	54.07	\$
05.17.04	Cobertura TI policarbonato	m <sup>2</sup>	15.66	0.49		16.15	\$ 26.27	424.26	\$
05.17.05	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	1.74		-0.71	1.03	\$ 38.77	39.93	\$
<b>05.18</b>	<b>Marquesina Central (Q)</b>								
05.18.01	Vigas	kg	495.14	13.78		508.92	\$ 3.61	1,837.20	\$
05.18.02	Templador de Ø3/8" Liso (típico)	m	16.52		-2.57	13.95	\$ 3.89	54.27	\$
05.18.03	Cobertura policarbonato	m <sup>2</sup>	772.79		-752.42	20.37	\$ 26.27	535.12	\$
05.18.04	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	9.71		-5.64	4.08	\$ 38.77	158.18	\$
<b>05.19</b>	<b>Marquesina tipo 5 (R)</b>								
05.19.01	Vigas	kg	150.99	0.93		151.92	\$ 3.61	548.43	\$
05.19.02	Columnas	kg	120.56		-7.32	113.24	\$ 3.61	408.80	\$
05.19.03	Cobertura policarbonato	m <sup>2</sup>	7.37		-0.55	6.82	\$ 26.27	179.16	\$
05.19.04	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	8.41		-4.07	4.35	\$ 38.77	168.65	\$
<b>05.20</b>	<b>Marquesina tipo 3 (S)</b>								
05.20.01	Vigas	kg	1,826.84	145.85		1,972.69	\$ 3.61	7,121.41	\$
05.20.02	Columnas	kg	1,237.10		-437.80	799.30	\$ 3.61	2,885.47	\$

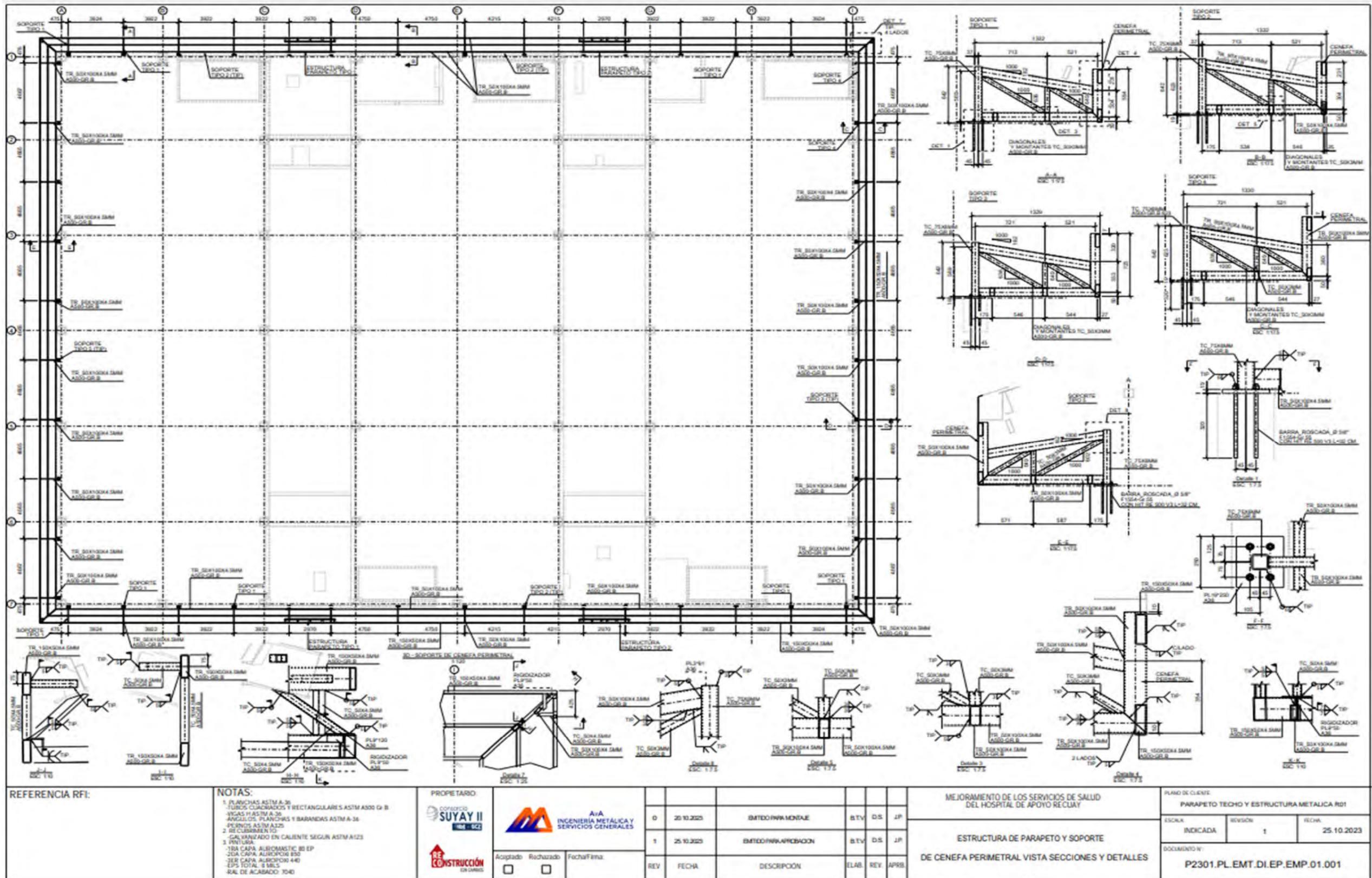
05.20.03	Cobertura policarbonato	m 2	78.42	2.03		80.45		\$ 26.27	2,113.42	\$
05.20.04	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	8.79	1.21		10.00		\$ 38.77	387.70	\$
05.20.05	Templador de Ø3/8" Liso (típico)									
<b>05.21</b>	<b>Techo metálico 3.5m x 13.10m (T)</b>									
05.21.01	Vigas	k g	921.10	214.82		1,135.92		\$ 3.47	3,941.64	\$
05.21.02	Columnas	k g	398.25	81.66		479.91		\$ 3.47	1,665.29	\$
05.21.03	Coberturas TI de aluzinc de 0.5 mm Color rojo	m 2	63.05		-0.67	62.38		\$ 21.01	1,310.60	\$
05.21.04	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	13.28		-0.51	12.77		\$ 38.77	495.09	\$
05.20.05	Templador de Ø3/8" Liso (típico)									
<b>05.22</b>	<b>Sombra volado perimetral (U)</b>									
05.22.01	Vigas	k g	21.47	336.78		358.25		\$ 3.61	1,293.28	\$
05.22.02	Cobertura policarbonato	m 2	21.93	1.13		23.06		\$ 26.27	605.79	\$
05.22.03	Suministro e instalación de canaleta metálica	m	12.76	0.00		12.76		\$ 38.77	494.71	\$
05.15.04	Tensor liso Ø1/2"									
<b>05.23</b>	<b>Marquesina Extremo</b>									
05.23.01	Vigas	k g								
05.23.02	Columnas	k g								
05.23.03	Cobertura policarbonato	m 2								
<b>05.24</b>	<b>Escalera metálica</b>									
05.24.01	Vigas ( incluye pasos y descansos)	k g	3,831.73	645.33		4,477.06		\$ 3.63	16,251.73	\$

05.24.02	Columnas	k g	1,178.16	173.86		1,352.02		\$ 3.63	4,907.83	
05.24.03	Descanso y pasos: Piso bus 1.5 m x 2 mm de espesor.	m 2	51.00	Cambio alcance	- 51.00	0.00		\$ 32.76	\$ -	
<b>06.00</b>	<b>OTROS</b>									\$ 31,098.40
06.01	Suministro de anclajes embebidos Ø3/4"	pz a	126.00		- 106.00	20.00		\$ 10.25	\$ 205.00	
06.02	Suministro de anclajes embebidos Ø1/2" -5/8"	pz a	216.00	260.00		476.00		\$ 10.25	\$ 4,879.00	
06.03	Perforación y fijación de anclaje con resina química Ø3/4"	u n	126.00		- 106.00	20.00		\$ 12.03	\$ 240.60	
06.04	Perforación y fijación de anclaje con resina química Ø1/2" - 5/8"	u n	216.00	52.00		268.00		\$ 12.03	\$ 3,224.04	
06.05	Perforación y sellado de tubos ventilación sanitaria.	u n	20.00			20.00		\$ 65.18	\$ 1,303.60	
06.06	Plan de contingencia de lluvias	gl b.	1.00			1.00		\$ 8,717.32	\$ 8,717.32	
06.07	Inspecciones QA/QC y END	gl b.	1.00			1.00		\$ 12,528.84	\$ 12,528.84	
<b>07.00</b>	<b>PARTIDAS NUEVAS</b>									\$ 241,708.61
07.01	Celosis lineal L (Tipo C40) PRECOR. Incl. malla metálica	m 2		69.97		69.97		\$ 231.95	\$ 16,229.54	
07.02	Soportes de celosis exterior en techos metálicos	k g.		2,560.76		2,560.76		\$ 3.54	\$ 9,065.09	
07.03	Soportes cobertura perimetral de techos metálicos	k g.		12,083.31		12,083.31		\$ 3.68	\$ 44,466.58	

07.04	Andamios para soportes cobertura perimetral (Inc. Transporte)	m es		1.00		1.00	\$ 27,514.35	\$ 27,514.35	
07.05	Suministro , perforación y fijación con resina Ø 5/8" F1554 Gr. 55 para Soportes celosia exterior	u n		128.00		128.00	\$ 17.18	\$ 2,199.04	
07.06	Suministro , perforación y fijación con resina Ø5/8" x 320 mm F1554 Gr. 55 para Soportes de cobertura perimetral	u n		232.00		232.00	\$ 29.22	\$ 6,779.04	
07.07	Galvanizado en caliente ASTM A-123	k g.		139,257.29		139,257.29	\$ 0.80	\$ 111,405.83	
07.08	Reparación del Galvanizado en obra. ( 2.5 mils)	m 2.		172.84		172.84	\$ 48.51	\$ 8,384.47	
07.09	Preparación superficial EEMM galvanizadas según SSPC SP1/SP2	m 2.		5,326.14		5,326.14	\$ 2.78	\$ 14,806.67	
07.10	Detector de tormenta	u n.		1.00		1.00	\$ 858.00	\$ 858.00	
<b>COSTO DIRECTO:</b>									\$ 1,164,082.83
<b>GASTOS GENERALES CONTRACTUAL:</b>									\$ 146,449.70
<b>UTILIDAD:</b>								6.21%	\$ 72,289.54
<b>SUBTOTAL :</b>									\$ 1,382,822.07
<b>DESCUENTO COMERCIAL :</b>								1.35%	\$ -18,668.10
<b>GASTOS GENERALES ADICIONALES ( Actualizado según cronograma):</b>									\$ 129,829.83
<b>PRECIO VENTA :</b>									\$ 1,493,983.80
<b>IGV (PRECIO DE VENTA) :</b>								18%	\$ 268,917.08

Moneda expresada en dolares americanos USD.						PRECIO VENTA TOTAL :		S 1,762,900.8 8
---	--	--	--	--	--	----------------------	--	-----------------------

Anexo G. Estructura de parapeto y soporte de CENEFA perimetral vista secciones y detalle



REFERENCIA RFI:

NOTAS:

1. PLANCHAS ASTM A-36
2. TUBOS CUADRADOS Y RECTANGULARES ASTM A500 GR. B
3. VIGAS H ASTM A-36
4. ANGULOS, PLANCHAS Y BARRANDAS ASTM A-36
5. PERFILES ASTM A325
6. RECLUBREAN DO
7. CALIBRADO EN CALIENTE SEGUN ASTM A123
8. PINTURA:
9. 1RA CAPA: AURORASTIC 80 EP
10. 2DA CAPA: ALBORPOD 850
11. 3ER CAPA: ALBORPOD 440
12. EPS TOTAL: 8 MILS
13. RAL DE ACABADO: 7040

PROPIETARIO:



Aceptado:  Revisado:  Fecha/Firma:

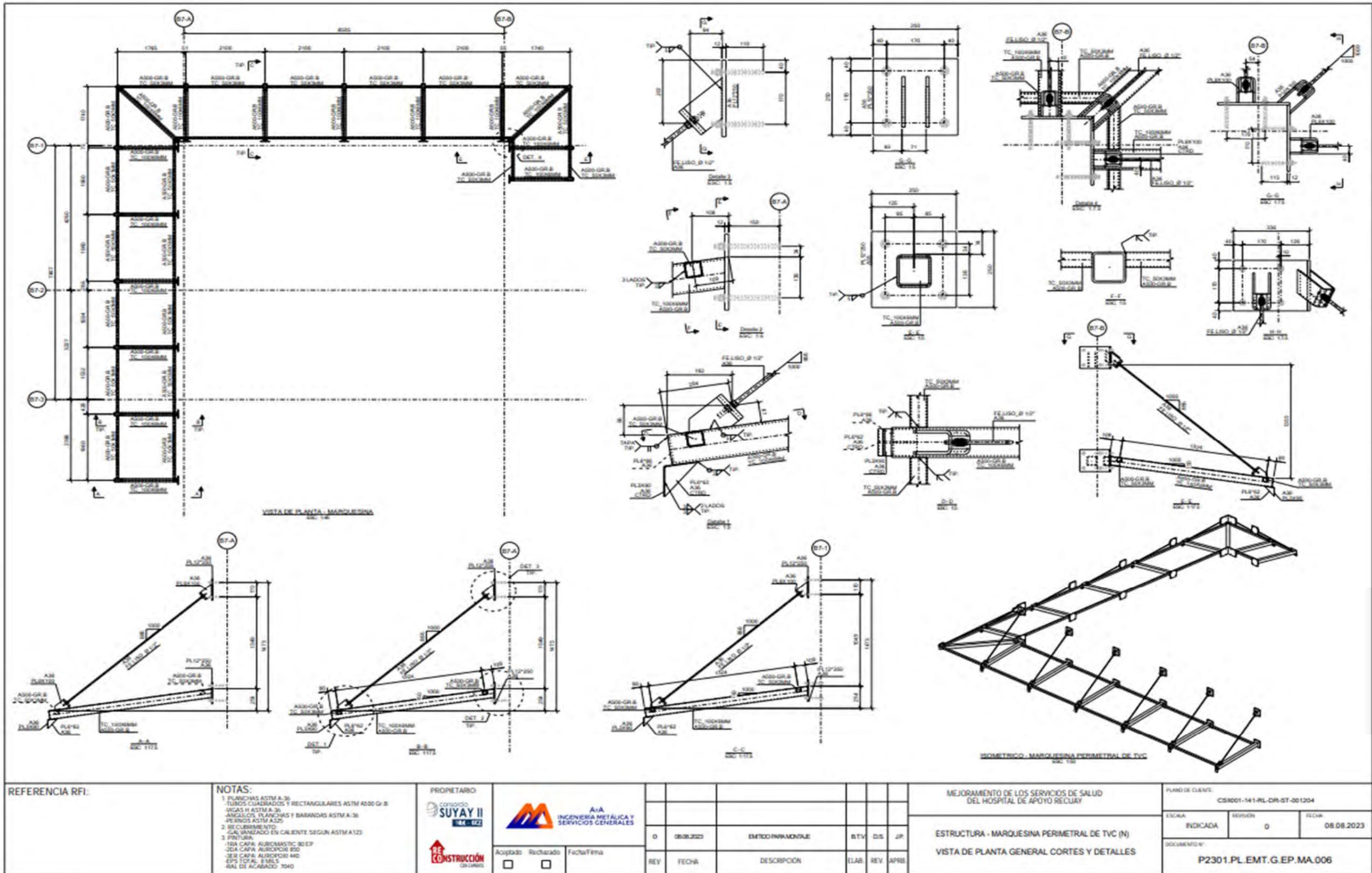
REV	FECHA	DESCRIPCION	ELAB.	REV.	APROB.
0	20.10.2023	EMITIDO PARA MONEAJE	BTV	D.S.	J.P.
1	25.10.2023	EMITIDO PARA APROBACION	BTV	D.S.	J.P.

MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL HOSPITAL DE APOYO RECUY  
 ESTRUCTURA DE PARAPETO Y SOPORTE DE CENEFA PERIMETRAL VISTA SECCIONES Y DETALLES

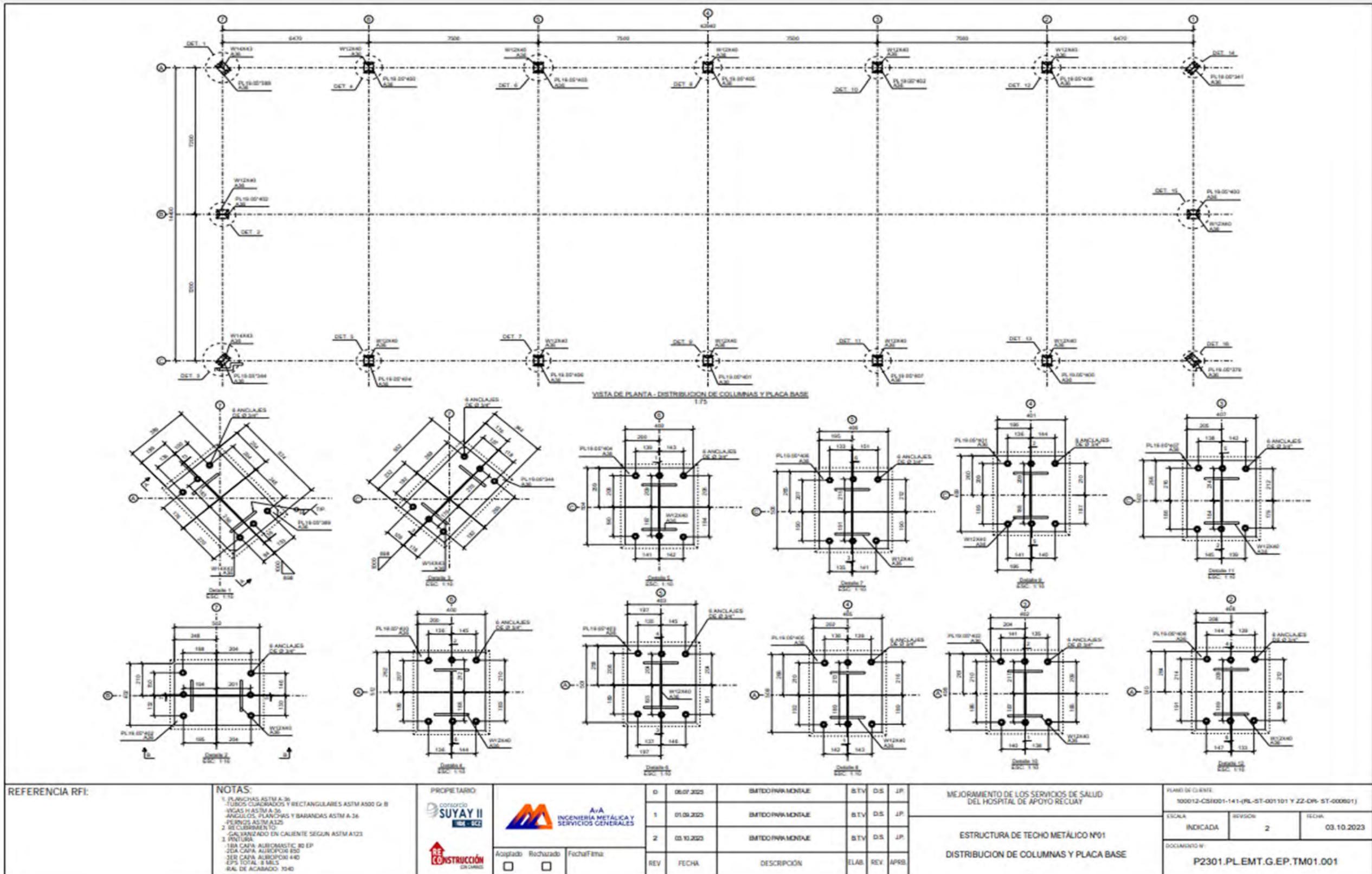
PLANO DE CLIENTE			
PARAPETO TECHO Y ESTRUCTURA METALICA R01			
ESCALA	REVISION	FECHA	
INDICADA	1	25.10.2023	
DOCUMENTO N°:			
P2301.PL.EMT.DI.EP.EMP.01.001			



Anexo I. Estructura. Marquesina perimetral de TVC (N) vista de planta general cortes y detalles



Anexo J. Estructura de techo metálico. Distribución de columna y placa base



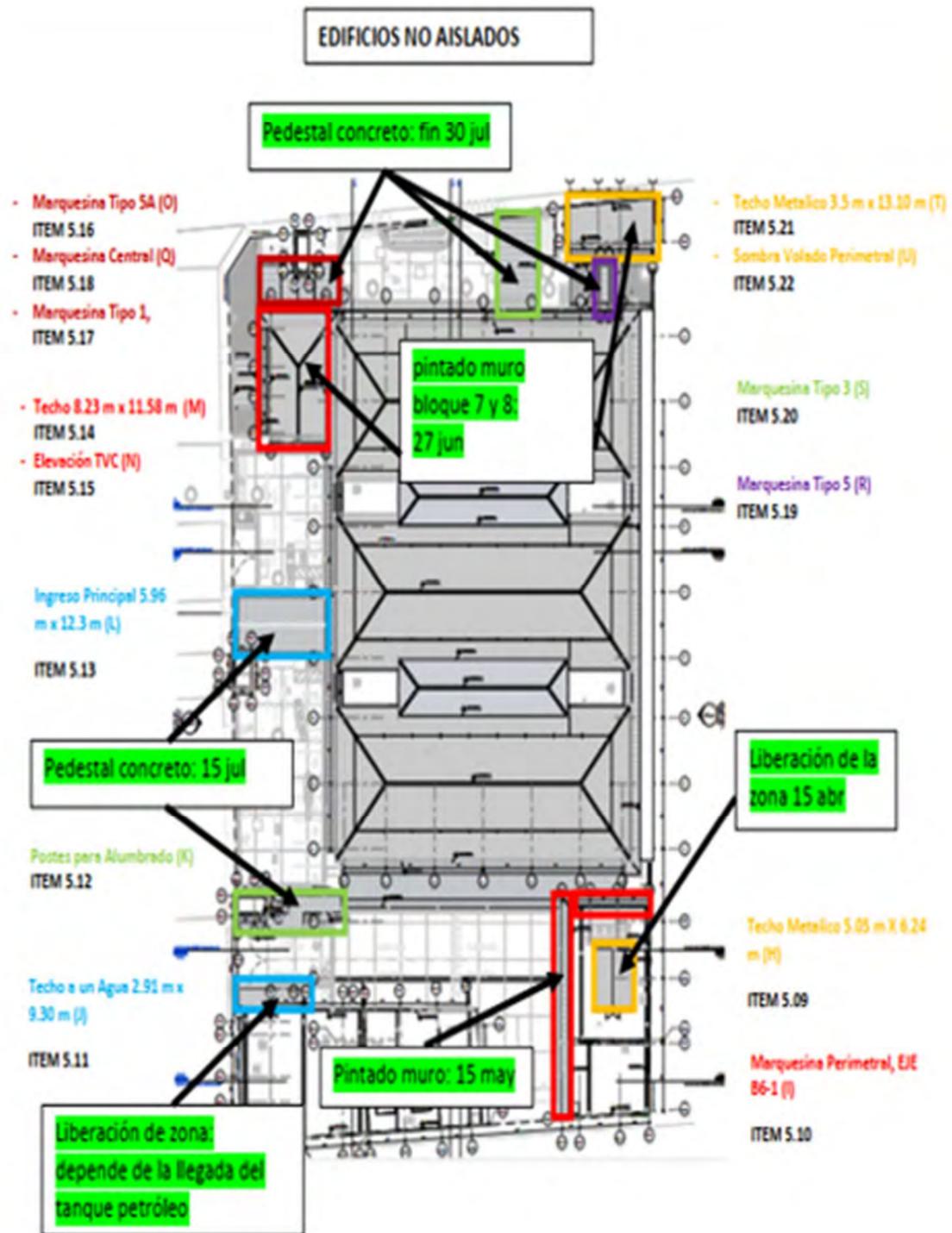


Instalacion de pernos anclaje	AYA IM	21/05/2024	22/05/2024																
Modificacion de agujero plancha (2 dia)	AYA IM	27/05/2024	28/05/2024	EJE A	EJE A														
Montaje del reticulado	AYA IM	29/05/2024	29/05/2024			EJE A													
Montaje de correas	AYA IM	30/05/2024	1/06/2024				EJE A	EJE A	EJE A										
Soldeo de correas	AYA IM	3/06/2024	5/06/2024				EJE A	EJE A	EJE A										
Resane de pintura	AYA IM	4/06/2024	6/06/2024						EJE A	EJE A	EJE A								
Instalacion de cenefa perimetral pieza 1, 2 y 3	AYA IM	6/06/2024	11/06/2024							EJE A	EJE A	EJE A	EJE A	EJE A					
<b>EJE 1</b>																			
Pintado de pintura en la parte lateral de la viga concreto	HGD	16/05/2024	18/05/2024																
Instalacion de pernos anclaje	AYA IM	23/05/2024	24/05/2024																
Modificacion de agujero plancha (2 dia)	AYA IM	3/06/2024	4/06/2024				EJE 0	EJE 1											
Montaje del reticulado	AYA IM	5/06/2024	5/06/2024						EJE 1										
Montaje de correas	AYA IM	6/06/2024	8/06/2024							EJE 1	EJE 1	EJE 1							
Soldeo de correas	AYA IM	10/06/2024	12/06/2024										EJE 1	EJE 1	EJE 1				
Resane de pintura	AYA IM	11/06/2024	13/06/2024											EJE 1	EJE 1	EJE 1			
Instalacion de cenefa perimetral pieza 1, 2 y 3	AYA IM	13/06/2024	18/06/2024													EJE 1	EJE 1	EJE 1	
<b>EJE 7</b>																			
Armado y desarmado de andamios (colgante y volado)	AYA IM	6/06/2024	8/06/2024							EJE 7	EJE 7	EJE 7							
Pintado de pintura en la parte lateral de la viga concreto	HGD	27/05/2024	29/05/2024	EJE 7	EJE 7	EJE 7													
Instalacion de pernos anclaje	AYA IM	25/05/2024	27/05/2024	EJE 7															
Modificacion de agujero plancha (2 dia)	AYA IM	10/06/2024	11/06/2024										EJE 7	EJE 7					
Montaje del reticulado	AYA IM	12/06/2024	12/06/2024												EJE 7				
Montaje de correas	AYA IM	13/06/2024	15/06/2024													EJE 7	EJE 7	EJE 7	
Soldeo de correas	AYA IM	17/06/2024	19/06/2024																
Resane de pintura	AYA IM	18/06/2024	20/06/2024																
Instalacion de cenefa perimetral pieza 1, 2 y 3	AYA IM	20/06/2024	25/06/2024																
<b>MONTAJE EDIFICIOS NO AISLADOS</b>																			
<b>ESTRUCTURA</b>																			
<b>FRENTE EJE 7</b>																			
<b>Techo 8.23m x 11.58m (bloque 7) (3411 kg)</b>																			
instalacion de Grouting (HGD)	HGD	27/05/2024	1/06/2024	BLOQUE 7															
vaciado muro parapeto (HGD)	HGD	27/05/2024	1/06/2024	BLOQUE 7															
resane de galvanizado y pintura	AYA IM	3/06/2024	10/06/2024							BLOQUE 7			BLOQUE 7	BLOQUE 7	BLOQUE 7				

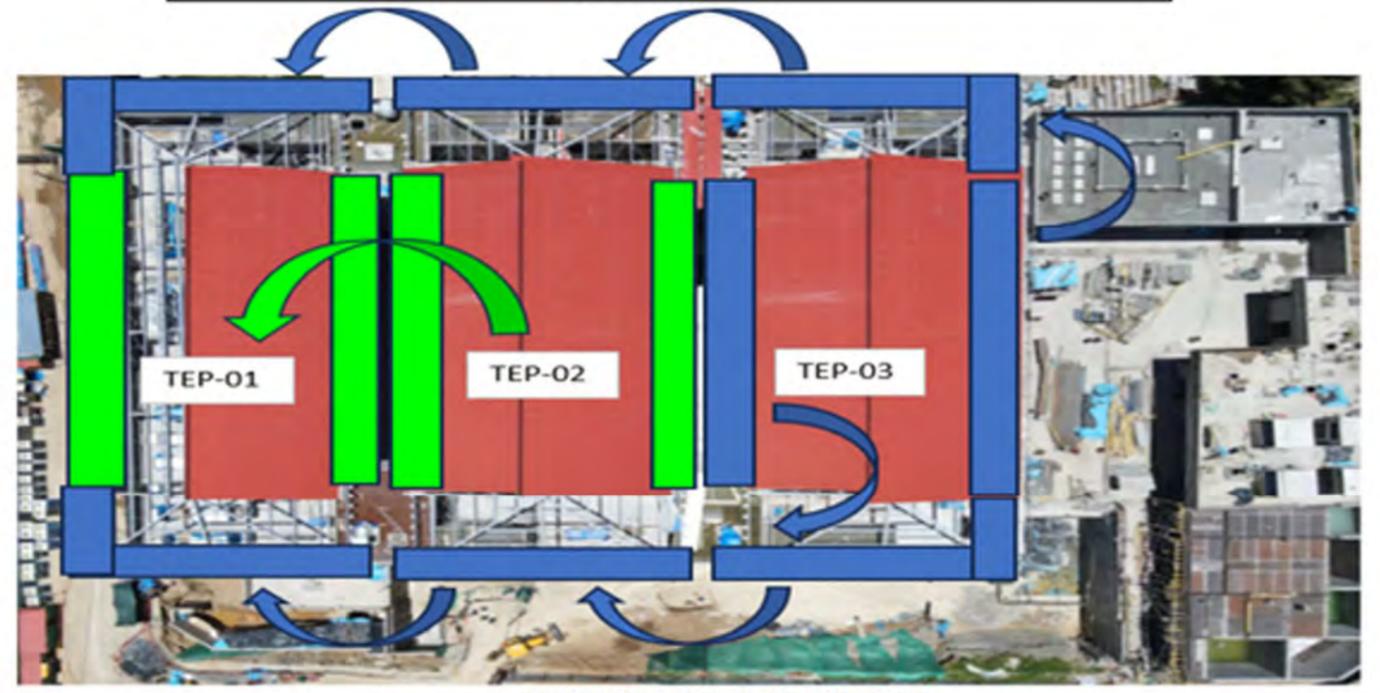


Anexo L. Sectorización techo edificio principal

EJES DEL EDIFICIO PRINCIPAL



AZOTEA



SECUENCIA ARMADO DE ANDAMIOS