

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS**

**“PLAN DE SUPERVISIÓN DE UNA ESTACIÓN DE LA LÍNEA 2 DEL  
METRO DE LIMA MEDIANTE HERRAMIENTAS DIGITALES”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR:**

**HANS ARNOLD MOTTA PARDO**  
**ID: 0009-0008-7604-732X**

**ASESOR:**

**Mag. OMAR RENZO PADILLA LAGUNA**  
**ID: 0000-0003-4745-0626**

**LIMA-PERÚ**

**2024**

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados  
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte,  
con fines estrictamente académicos.”**  
MOTTA PARDO, Hans Arnold  
[hmottap@uni.pe](mailto:hmottap@uni.pe)  
933 036 656

**DEDICATORIA:**

**A mis padres Frida y Efraín**  
Por el apoyo incondicional que me brindan todos los días

**A mi hermano Angelo**  
Por sus generosos y valiosos consejos

**A mis abuelos Martina, Nelly, Abraham y Manuel**  
Por las enseñanzas de perseverancia y amor

**A los ingenieros Omar Padilla, Wilfredo Ulloa y Juan Ríos**  
Por su disposición y orientación en mi trabajo de tesis

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>Resumen .....</b>   | 4  |
| <b>Abstract.....</b>   | 5  |
| <b>Prólogo .....</b>   | 6  |
| <b>Lista de tablas.....</b>  | 7  |
| <b>Lista de figuras .....</b>  | 10 |
| <b>Lista de símbolos y siglas .....</b>  | 15 |
| <b>Capítulo I: Introducción.....</b>   | 16 |
| 1.1.    Generalidades.....   | 16 |
| 1.2.    Problemática.....  | 17 |
| 1.2.1.    Problema general.....  | 22 |
| 1.2.2.    Problemas específicos.....   | 22 |
| 1.3.    Objetivos.....   | 22 |
| 1.3.1.    Objetivo general.....  | 22 |
| 1.3.2.    Objetivos específicos.....   | 23 |
| 1.4.    Hipótesis .....  | 23 |
| 1.4.1.    Hipótesis general.....   | 23 |
| 1.4.2.    Hipótesis específicas.....   | 23 |
| <b>Capítulo II: Marco teórico y conceptual .....</b>                                     | 24 |
| 2.1.    Supervisión de obras de construcción.....  | 24 |
| 2.2.    Gestión de la información con BIM.....   | 26 |
| 2.3.    Herramientas digitales en la construcción .....                                  | 30 |
| <b>Capítulo III: Metodología propuesta .....</b>   | 38 |
| 3.1.    Liberaciones en obra.....  | 38 |
| 3.2.    Stakeholders de la supervisión.....  | 40 |
| 3.3.    Plan actual de la supervisión de obras .....                                     | 42 |
| 3.3.1.    Encuesta de entrada dirigida a los supervisores de obra de las estaciones..... | 42 |
| 3.3.1.1 <i>Resultados de la encuesta de entrada.....</i>                                 | 45 |
| 3.3.2.    Flujograma del estado actual de la supervisión de obra de las estaciones.....  | 52 |
| 3.4.    Plan de la propuesta de supervisión de obras.....                                | 53 |
| 3.4.1.    Herramientas digitales de la propuesta.....                                    | 53 |
| 3.4.1.1 <i>Airtable.....</i>   | 53 |

---

|  |     |
|--|-----|
| 3.4.1.2. <i>Miro</i> .....   | 55  |
| 3.4.1.3. <i>Tecnología BIM</i> .....   | 57  |
| 3.4.2. <i>Flujograma de la propuesta</i> .....   | 59  |
| 3.4.3. <i>Determinación de las valorizaciones y avance físico</i> .....                                      | 60  |
| <b>Capítulo IV: Descripción general del proyecto</b> .....   | 62  |
| 4.1 Línea 2 del Metro de Lima y Callao.....  | 62  |
| 4.1.1 Estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima.....  | 67  |
| 4.1.1.1 <i>Cronograma de la estación de estudio Plaza Manco Cápac</i> .....                                  | 68  |
| 4.1.1.2 <i>Presupuesto de la estación de estudio Plaza Manco Cápac</i> .....                                 | 70  |
| 4.1.1.2.1 <i>Partida movimiento de tierras</i> .....   | 71  |
| 4.1.1.2.2 <i>Partida muro pantalla</i> .....   | 71  |
| 4.1.1.2.3 <i>Partida losa de cubierta</i> .....  | 72  |
| 4.1.1.2.4 <i>Partida losa de vestíbulo</i> .....   | 72  |
| 4.1.1.2.5 <i>Partida losa de fondo</i> .....   | 73  |
| 4.1.1.2.6 <i>Partida pila pilote</i> .....   | 73  |
| 4.1.1.2.7 <i>Partida pozo de bombeo</i> .....  | 74  |
| 4.1.1.2.8 <i>Partida drenaje bajo losa</i> .....   | 74  |
| 4.1.1.2.9 <i>Partida escaleras</i> .....   | 75  |
| 4.1.1.2.10 <i>Partida losa de andén</i> .....  | 75  |
| 4.1.1.2.11 <i>Partida albañilería</i> .....  | 76  |
| 4.1.1.2.12 <i>Partida ascensor</i> .....   | 76  |
| 4.1.1.2.13 <i>Partida losa de prevestíbulo</i> .....   | 77  |
| 4.1.1.3 <i>Agrupación de partidas del presupuesto según el cronograma del proyecto</i> .....                 | 77  |
| <b>Capítulo V: Implementación del plan en el proyecto (caso de estudio: estación Nº14 Manco Cápac)</b> ..... | 82  |
| 5.1. Control de calidad y recopilación de datos según las partidas del presupuesto.....                      | 82  |
| 5.1.1. Movimiento de tierras.....  | 83  |
| 5.1.2. Muro pantalla.....  | 87  |
| 5.1.3. Losa de cubierta.....   | 93  |
| 5.1.4. Losa de vestíbulo.....  | 97  |
| 5.1.5. Losa de fondo.....  | 103 |
| 5.1.6. Pila pilote.....  | 107 |
| 5.1.7. Pozo de bombeo.....   | 113 |

---

---

|  |     |
|--|-----|
| 5.1.8. Drenaje bajo losa.....  | 116 |
| 5.1.9. Escaleras.....  | 120 |
| 5.1.10. Losa de andén.....   | 125 |
| 5.1.11. Albañilería.....   | 129 |
| 5.1.12. Ascensores.....  | 133 |
| 5.1.13. Losa de prevestíbulo.....  | 137 |
| 5.2. Control de las valorizaciones y avances físicos trimestrales del proyecto.....  | 142 |
| 5.2.1. Primer trimestre de control.....  | 142 |
| 5.2.2. Segundo trimestre de control.....   | 152 |
| 5.2.3. Tercer trimestre de control.....  | 154 |
| 5.2.4. Cuarto trimestre de control.....  | 158 |
| 5.2.5. Quinto trimestre de control.....  | 163 |
| 5.2.6. Sexto trimestre de control.....   | 168 |
| 5.3. Encuesta de salida dirigida a los coordinadores de la supervisión de obras..... | 169 |
| <b>Capítulo VI: Análisis y discusión de resultados</b> .....                         | 174 |
| <b>Conclusiones</b> .....  | 177 |
| <b>Recomendaciones</b> .....   | 178 |
| <b>Referencias bibliográficas</b> .....  | 179 |

## RESUMEN

La presente tesis expone la implementación de un plan para la supervisión de una estación de la Línea 2 del Metro de Lima haciendo uso de las herramientas digitales Miro y Airtable en conjunto con la tecnología BIM para mejorar el servicio de supervisión de obras durante la ejecución de las obras civiles del proyecto.

En el capítulo N°1 es un capítulo introductorio donde se da a conocer el planteamiento del problema general y los problemas específicos que abordaremos y responderemos al realizar la presente investigación, así como los objetivos necesarios para poder dar respuesta a los problemas, también se plantea la hipótesis general e hipótesis específicas que buscan predecir las consecuencias futuras de la implementación de la investigación.

El capítulo N°2 aborda el marco teórico y conceptual necesario para poder entender el desarrollo y explicación de los siguientes capítulos de la investigación. El capítulo N°3 describe la presentación el del plan propuesto de la supervisión de obras de las estaciones, también la explicación de los procesos y herramientas que intervienen en la propuesta a partir del uso de flujogramas de trabajo.

En el capítulo N°4 se desarrolla el caso de estudio donde se implementará la propuesta, así que la presente tesis desarrolla el caso de una estación de la Línea 2 del Metro de Lima, también el respectivo presupuesto y cronograma del proyecto.

En el capítulo N°5 se explica la implementación de la propuesta a medida que se desarrolla el proceso constructivo de la estación de la Línea 2 del Metro de Lima clasificándolos según las partidas del presupuesto para determinar las valorizaciones y avances físicos del proyecto.

El capítulo N°6 describe el análisis de los resultados obtenidos al finalizar la implementación y la discusión respecto a las bibliografías analizadas para el desarrollo de la presente tesis.

Finalmente, se registran las conclusiones del trabajo de tesis que responden a las problemáticas específicas planteadas en el capítulo N°1 la investigación, y las respectivas recomendaciones.

## ABSTRACT

This thesis exposes the implementation of a plan for the supervision of a station for Line 2 of the Lima Metro using the digital tools Miro and Airtable in conjunction with BIM technology to improve the works supervision service during the execution of the civil works of the project.

Chapter N°1 is an introductory chapter where the general problem statement and the specific problems that we will address and respond to when carrying out this research are presented, as well as the necessary objectives to be able to respond to the problems. the general hypothesis and specific hypotheses that seek to predict the future consequences of the implementation of the research.

Chapter N°2 addresses the theoretical and conceptual framework necessary to understand the development and explanation of the following chapters of the research.

Chapter N°3 describes the presentation of the proposed plan for the supervision of station works, as well as the explanation of the processes and tools involved in the proposal based on the use of work flow charts.

Chapter N°4 develops the case study where the proposal will be implemented, so this thesis develops the case of a station for Line 2 of the Lima Metro, as well as the respective budget and schedule of the project.

Chapter N°5 explains the implementation of the proposal as the construction process of the station for Line 2 of the Lima Metro develops, classifying them according to budget items to determine the valuations and physical progress of the project.

Chapter N°6 describes the analysis of the results obtained at the end of the implementation and the discussion regarding the bibliographies analyzed for the development of this thesis.

Finally, the conclusions of the thesis work that respond to the specific problems raised in chapter N°1 of the investigation, and the respective recommendations, are recorded.

## PRÓLOGO

La presente tesis enmarca los beneficios que trae el uso de herramientas digitales para supervisar las estaciones de la línea 2 del Metro de Lima que se encuentran en ejecución, sin embargo, la propuesta que se plantea en la presente investigación puede adaptarse a cualquier tipo de proyecto de construcción debido a que el principal cambio se da a partir de la forma de recopilar datos durante la supervisión usando las aplicaciones digitales Airtable, Miro y tecnología BIM modelada en Revit.

La investigación parte de analizar las técnicas y herramientas que los supervisores utilizan para recopilar datos durante las liberaciones, para esto se contó con una evaluación mediante encuesta de los supervisores de las estaciones, luego de comprender la problemática real del trabajo que toman los supervisores para gestionar u organizar la información, se establece un propuesta que permita tener el control de la estación subterránea supervisada, comunicando de forma eficiente a cualquier interesado o involucrado en el proyecto.

ASESOR

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla N°1: Objetivos básicos en el servicio de supervisión de obras. ....  | 24 |
| Tabla N°2: Aspectos clave del servicio de supervisión de obras. ....   | 25 |
| Tabla N°3: Beneficios del uso de BIM en las distintas etapas de un proyecto de ingeniería y construcción. ....             | 29 |
| Tabla N°4: Recomendaciones de trabajo en uso de TIC's en la construcción. ..   | 32 |
| Tabla N°5: Principales barreras de transformación digital en la construcción....   | 33 |
| Tabla N°6: Gestión actual utilizada por una empresa.....   | 34 |
| Tabla N°7: Gestión aplicando la transformación digital en una empresa.....   | 35 |
| Tabla N°8: Tiempo ahorrado por implementación de Autodesk Build.....   | 36 |
| Tabla N°9: Tabla comparativa de herramientas digitales. ....   | 37 |
| Tabla N°10: Lista de preguntas en encuesta para supervisores de campo del proyecto de la Línea del Metro. ....             | 43 |
| Tabla N°11: Cronograma referencial de una estación del Metro. ....   | 69 |
| Tabla N°12: Presupuesto referencial de una estación del Metro. ....  | 70 |
| Tabla N°13: Subpartidas del movimiento de tierras.....   | 71 |
| Tabla N°14: Subpartidas del muro pantalla.....   | 71 |
| Tabla N°15: Subpartidas de losa de cubierta. ....  | 72 |
| Tabla N°16: Subpartidas de losa de vestíbulo.....  | 72 |
| Tabla N°17: Subpartidas de losa de fondo. ....   | 73 |
| Tabla N°18: Subpartidas de pila pilote. ....   | 74 |
| Tabla N°19: Subpartidas del pozo de bombeo. ....   | 74 |
| Tabla N°20: Subpartidas del drenaje bajo losa. ....  | 75 |
| Tabla N°21: Subpartidas de las escaleras. ....   | 75 |
| Tabla N°22: Subpartidas de la losa de andén. ....  | 76 |
| Tabla N°23: Subpartidas de la albañilería. ....  | 76 |
| Tabla N°24: Subpartidas de los ascensores. ....  | 76 |
| Tabla N°25: Subpartidas de la losa de prevestíbulo.....  | 77 |
| Tabla N°26: Agrupación de partidas para el nivel de losa de cubierta.....  | 78 |
| Tabla N°27: Agrupación de partidas para el nivel de losa de vestíbulo. ....  | 79 |
| Tabla N°28: Agrupación de partidas para el nivel de losa de fondo. ....  | 80 |
| Tabla N°29: Agrupación de partidas para las estructuras secundarias. ....  | 81 |
| Tabla N°30: Figuras de representación en el flujograma de los procesos para la ejecución de las estaciones del Metro. .... | 82 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla N°31: Observaciones de calidad para la partida movimiento de tierras....                          | 87  |
| Tabla N°32: Observaciones de calidad para la partida muro pantalla. ....                                | 92  |
| Tabla N°33: Observaciones de calidad para la partida losa de cubierta.....                              | 97  |
| Tabla N°34: Observaciones de calidad para la partida losa de vestíbulo. ....                            | 102 |
| Tabla N°35: Observaciones de calidad para la partida losa de fondo. ....                                | 107 |
| Tabla N°36: Observaciones de calidad para la partida pila pilote.....                                   | 112 |
| Tabla N°37: Observaciones de calidad para la partida pozo de bombeo. ....                               | 116 |
| Tabla N°38: Observaciones de calidad para la partida drenaje bajo losa.....                             | 120 |
| Tabla N°39: Observaciones de calidad para la partida escaleras.....                                     | 125 |
| Tabla N°40: Observaciones de calidad para la partida losa de andén. ....                                | 129 |
| Tabla N°41: Observaciones de calidad para la partida albañilería. ....                                  | 133 |
| Tabla N°42: Observaciones de calidad para la partida ascensores.....                                    | 137 |
| Tabla N°43: Observaciones de calidad para la partida losa de prevestíbulo. ....                         | 141 |
| Tabla N°44: Valorización del movimiento de tierras a partir de la cantidad<br>estimada en Airtable..... | 142 |
| Tabla N°45: Valorización del muro pantalla a partir de la cantidad estimada<br>en Airtable.....         | 143 |
| Tabla N°46: Valorización de la pila pilote a partir de la cantidad estimada en<br>Airtable (1/2).....   | 144 |
| Tabla N°47: Valorización de la pila pilote a partir de la cantidad estimada en<br>Airtable (2/2).....   | 145 |
| Tabla N°48: Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 1.                         | 146 |
| Tabla N°49: Avance físico para el trimestre 1. ....   | 148 |
| Tabla N°50: Observaciones para la valorización del trimestre 1 (1/3). ....                              | 149 |
| Tabla N°51: Observaciones para la valorización del trimestre 1 (2/3). ....                              | 150 |
| Tabla N°52: Observaciones para la valorización del trimestre 1 (3/3). ....                              | 151 |
| Tabla N°53: Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 2.                         | 152 |
| Tabla N°54: Avance físico para el trimestre 2. ....   | 153 |
| Tabla N°55: Observaciones para la valorización del trimestre 2. ....                                    | 154 |
| Tabla N°56: Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 3.                         | 154 |
| Tabla N°57: Avance físico para el trimestre 3. ....   | 155 |
| Tabla N°58: Observaciones para la valorización del trimestre 3 (1/2). ....                              | 156 |
| Tabla N°59: Observaciones para la valorización del trimestre 3 (2/2). ....                              | 157 |
| Tabla N°60: Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 4.                         | 158 |
| Tabla N°61: Avance físico para el trimestre 4. ....   | 159 |

---

|  |     |
|--|-----|
| Tabla N°62: Observaciones para la valorización del trimestre 4 (1/4). ....                             | 160 |
| Tabla N°63: Observaciones para la valorización del trimestre 4 (2/4). ....                             | 161 |
| Tabla N°64: Observaciones para la valorización del trimestre 4 (3/4). ....                             | 162 |
| Tabla N°65: Observaciones para la valorización del trimestre 4 (4/4). ....                             | 163 |
| Tabla N°66: Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 5. ....                   | 163 |
| Tabla N°67: Avance físico para el trimestre 5. ....  | 164 |
| Tabla N°68: Observaciones para la valorización del trimestre 5 (1/3). ....                             | 165 |
| Tabla N°69: Observaciones para la valorización del trimestre 5 (2/3). ....                             | 166 |
| Tabla N°70: Observaciones para la valorización del trimestre 5 (3/3). ....                             | 167 |
| Tabla N°71: Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 6. ....                   | 168 |
| Tabla N°72: Avance físico para el trimestre 6. ....  | 169 |
| Tabla N°73: Resultado de la encuesta dirigida a los coordinadores de la supervisión (1/4).....         | 170 |
| Tabla N°74: Resultado de la encuesta dirigida a los coordinadores de la supervisión (2/4).....         | 171 |
| Tabla N°75: Resultado de la encuesta dirigida a los coordinadores de la supervisión (3/4).....         | 172 |
| Tabla N°76: Resultado de la encuesta dirigida a los coordinadores de la supervisión (4/4).....         | 173 |
| Tabla N°77: Trazabilidad de los aspectos clave de JLV Consultores con respecto al plan propuesto. .... | 174 |
| Tabla N°78: Cuadro sobre la gestión aplicando la transformación digital por Cercano (2021). ....       | 175 |
| Tabla N°79: Tabla de atributos de las herramientas digitales considerados por Arones (2020). ....      | 176 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura N°1: Métricas de digitalización en los principales sectores económicos..  | 21 |
| Figura N°2: Aplicaciones de la metodología BIM. ....   | 27 |
| Figura N°3: Elementos de integración vertical y horizontal en el contexto de digitalización.....                                       | 30 |
| Figura N°4: Ciclo del procedimiento de trabajo de un control digitalizado. ....  | 33 |
| Figura N°5: Flujograma general de una liberación. ....   | 38 |
| Figura N°6: Liberación con la participación del supervisor (verde), contratista (amarillo) y subcontratista en obra (anaranjado). .... | 39 |
| Figura N°7: Organigrama de la supervisión en el proyecto de las estaciones del Metro. ....   | 40 |
| Figura N°8: Personal de la supervisión involucrada en cada estación del Metro.....   | 41 |
| Figura N°9: Auditorías en las estaciones del Metro.....  | 42 |
| Figura N°10: Registro del formulario de encuesta para supervisores de control de calidad del proyecto de las estaciones del Metro..... | 43 |
| Figura N°11: Respuestas de la pregunta 1 de la encuesta para supervisores....  | 45 |
| Figura N°12: Respuestas de la pregunta 2 de la encuesta para supervisores....  | 46 |
| Figura N°13: Respuestas de la pregunta 3 de la encuesta para supervisores....  | 46 |
| Figura N°14: Respuestas de la pregunta 4 de la encuesta para supervisores....  | 47 |
| Figura N°15: Respuestas de la pregunta 5 de la encuesta para supervisores....  | 47 |
| Figura N°16: Respuestas de la pregunta 6 de la encuesta para supervisores....  | 48 |
| Figura N°17: Respuestas de la pregunta 7 de la encuesta para supervisores....  | 48 |
| Figura N°18: Respuestas de la pregunta 8 de la encuesta para supervisores....  | 49 |
| Figura N°19: Respuestas de la pregunta 9 de la encuesta para supervisores....  | 49 |
| Figura N°20: Respuestas de la pregunta 10 de la encuesta para supervisores..   | 50 |
| Figura N°21: Respuestas de la pregunta 11 de la encuesta para supervisores..   | 50 |
| Figura N°22: Respuestas de la pregunta 12 de la encuesta para supervisores..   | 51 |
| Figura N°23: Respuestas de la pregunta 13 de la encuesta para supervisores..   | 51 |
| Figura N°24: Respuestas de la pregunta 14 de la encuesta para supervisores..   | 52 |
| Figura N°25: Flujograma del estado actual del contexto de las liberaciones de la supervisión.....                                      | 53 |
| Figura N°26: Fórmula para determinar la cantidad estimada en el tablero Airtable .....   | 54 |

|   |    |
|---|----|
| Figura N°27: Matriz de datos en la plataforma Airtable de la estación supervisada .....                               | 55 |
| Figura N°28: Interfaz de la plataforma Miro de la estación supervisada.....   | 56 |
| Figura N°29: Panel resumen en Miro de control de la estación supervisada.....   | 57 |
| Figura N°30: Modelo BIM de la estación del Metro. ....  | 58 |
| Figura N°31: Escalera parametrizada en el modelo BIM.....   | 58 |
| Figura N°32: Flujograma de la propuesta en el contexto de las liberaciones de la supervisión. ....                    | 59 |
| Figura N°33: Flujograma de una liberación mediante herramientas digitales. ....                                       | 60 |
| Figura N°34: Flujograma de la determinación de las valorizaciones y avance físico en el proyecto.....                 | 61 |
| Figura N°35: Red básica del Metro de Lima y Callao. ....  | 63 |
| Figura N°36: Agrupación de la Sociedad Concesionaria Metro de Lima Línea 2.....                                       | 64 |
| Figura N°37: Alineamiento Institucional de los Organismos involucrados en la Línea 2 del Metro de Lima y Callao. .... | 65 |
| Figura N°38: Estaciones del proyecto Línea 2 y Ramal Av. Faucett – Av. Gambeta del Metro de Lima y Callao. ....       | 66 |
| Figura N°39: Vista del resultado final de la estación vista desde la vía. ....  | 67 |
| Figura N°40: Vista transversal de las estaciones del Metro.....   | 68 |
| Figura N°41: Proceso constructivo de la partida movimiento de tierras (1-2). ....                                     | 83 |
| Figura N°42: Proceso constructivo de la partida movimiento de tierras (3-4). ....                                     | 84 |
| Figura N°43: Proceso constructivo de la partida movimiento de tierras (5). ....                                       | 84 |
| Figura N°44: Flujograma de control de actividades para la ejecución de movimiento de tierras. ....                    | 85 |
| Figura N°45: Tablero Airtable para la partida movimiento de tierras. ....   | 86 |
| Figura N°46: Panel Miro para la partida movimiento de tierras. ....   | 86 |
| Figura N°47: Proceso constructivo de la partida muro pantalla (1-2).....  | 88 |
| Figura N°48: Proceso constructivo de la partida muro pantalla (3).....  | 88 |
| Figura N°49: Proceso constructivo de la partida muro pantalla (4-5).....  | 89 |
| Figura N°50: Proceso constructivo de la partida muro pantalla (6-7).....  | 89 |
| Figura N°51: Flujograma de control de actividades para la ejecución de muros pantalla. ....                           | 90 |
| Figura N°52: Tablero Airtable para la partida muro pantalla.....  | 91 |
| Figura N°53: Panel Miro para la partida muro pantalla.....  | 91 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura N°54: Proceso constructivo de la partida losa de cubierta (1-2) .....                     | 93  |
| Figura N°55: Proceso constructivo de la partida losa de cubierta (3-4) .....                     | 93  |
| Figura N°56: Proceso constructivo de la partida losa de cubierta (5-6) .....                     | 94  |
| Figura N°57: Proceso constructivo de la partida losa de cubierta (7-8) .....                     | 94  |
| Figura N°58: Flujograma de control de actividades para la ejecución de la losa de cubierta.....  | 95  |
| Figura N°59: Tablero Airtable para la partida losa de cubierta. ....                             | 96  |
| Figura N°60: Panel Miro para la partida losa de cubierta. ....                                   | 96  |
| Figura N°61: Proceso constructivo de la partida losa de vestíbulo (1-4).....                     | 98  |
| Figura N°62: Proceso constructivo de la partida losa de vestíbulo (5-8).....                     | 99  |
| Figura N°63: Proceso constructivo de la partida losa de vestíbulo (9-10).....                    | 99  |
| Figura N°64: Flujograma de control de actividades para la ejecución de la losa de vestíbulo..... | 100 |
| Figura N°65: Tablero Airtable para la partida losa de vestíbulo.....                             | 101 |
| Figura N°66: Panel Miro para la partida losa de vestíbulo.....                                   | 101 |
| Figura N°67: Proceso constructivo de la partida losa de fondo (1-2).....                         | 103 |
| Figura N°68: Proceso constructivo de la partida losa de fondo (3-6).....                         | 104 |
| Figura N°69: Proceso constructivo de la partida losa de fondo (7-8).....                         | 104 |
| Figura N°70: Flujograma de control de actividades para la ejecución de la losa de fondo.....     | 105 |
| Figura N°71: Tablero Airtable para la partida losa de fondo.....                                 | 106 |
| Figura N°72: Panel Miro para la partida losa de fondo.....                                       | 106 |
| Figura N°73: Proceso constructivo de la partida pila pilote (1-2) .....                          | 108 |
| Figura N°74: Proceso constructivo de la partida pila pilote (3-6) .....                          | 108 |
| Figura N°75: Proceso constructivo de la partida pila pilote (7-8) .....                          | 109 |
| Figura N°76: Proceso constructivo de la partida pila pilote (9) .....                            | 109 |
| Figura N°77: Flujograma de control de actividades para la ejecución de las pilas pilote. ....    | 110 |
| Figura N°78: Tablero Airtable para la partida pila pilote. ....                                  | 111 |
| Figura N°79: Panel Miro para la partida pila pilote. ....  | 111 |
| Figura N°80: Proceso constructivo de la partida pozo de bombeo (1-2).....                        | 113 |
| Figura N°81: Proceso constructivo de la partida pozo de bombeo (3-4).....                        | 113 |
| Figura N°82: Proceso constructivo de la partida pozo de bombeo (5).....                          | 114 |
| Figura N°83: Flujograma de control de actividades para la ejecución del pozo de bombeo. ....     | 114 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura N°84: Tablero Airtable para la partida pozo de bombeo.....                              | 115 |
| Figura N°85: Panel Miro para la partida pozo de bombeo.....                                    | 116 |
| Figura N°86: Proceso constructivo de la partida drenaje bajo losa (1-2).....                   | 117 |
| Figura N°87: Proceso constructivo de la partida drenaje bajo losa (3-4).....                   | 117 |
| Figura N°88: Flujograma de control de actividades para la ejecución del drenaje bajo losa..... | 118 |
| Figura N°89: Tablero Airtable para la partida drenaje bajo losa.....                           | 119 |
| Figura N°90: Panel Miro para la partida drenaje bajo losa. ....                                | 119 |
| Figura N°91: Proceso constructivo de la partida escaleras (1-2).....                           | 121 |
| Figura N°92: Proceso constructivo de la partida escaleras (3-6).....                           | 121 |
| Figura N°93: Proceso constructivo de la partida escaleras (7-8).....                           | 122 |
| Figura N°94: Proceso constructivo de la partida escaleras (9).....                             | 122 |
| Figura N°95: Flujograma de control de actividades para la ejecución de las escaleras.....      | 123 |
| Figura N°96: Tablero Airtable para la partida escaleras. ....                                  | 124 |
| Figura N°97: Panel Miro para la partida escaleras. ....  | 124 |
| Figura N°98: Proceso constructivo de la partida losa de andén (1-2).....                       | 125 |
| Figura N°99: Proceso constructivo de la partida losa de andén (3-4).....                       | 126 |
| Figura N°100: Proceso constructivo de la partida losa de andén (5-6).....                      | 127 |
| Figura N°101: Flujograma de control de actividades para la ejecución de la losa de andén. .... | 127 |
| Figura N°102: Tablero Airtable para la partida losa de andén. ....                             | 128 |
| Figura N°103: Panel Miro para la partida losa de andén. ....                                   | 129 |
| Figura N°104: Proceso constructivo de la partida albañilería (1-2).....                        | 130 |
| Figura N°105: Proceso constructivo de la partida albañilería (3-4).....                        | 130 |
| Figura N°106: Flujograma de control de actividades para la ejecución de la albañilería. ....   | 131 |
| Figura N°107: Tablero Airtable para la partida albañilería. ....                               | 132 |
| Figura N°108: Panel Miro para la partida albañilería. ....                                     | 132 |
| Figura N°109: Proceso constructivo de la partida ascensores (1-2).....                         | 134 |
| Figura N°110: Proceso constructivo de la partida albañilería (3-4).....                        | 134 |
| Figura N°111: Flujograma de control de actividades para la ejecución de los ascensores. ....   | 135 |
| Figura N°112: Tablero Airtable para la partida ascensores. ....                                | 136 |
| Figura N°113: Panel Miro para la partida ascensores. ....                                      | 136 |

---

|  |     |
|--|-----|
| Figura N°114: Proceso constructivo de la partida losa de prevestíbulo (1-2) ..   | 137 |
| Figura N°115: Proceso constructivo de la partida losa de prevestíbulo (3-4) ..   | 138 |
| Figura N°116: Proceso constructivo de la partida losa de prevestíbulo (5-6) ..   | 138 |
| Figura N°117: Flujograma de control de actividades para la ejecución de la losa de prevestíbulo.....   | 139 |
| Figura N°118: Tablero Airtable para la partida losa de prevestíbulo.....   | 140 |
| Figura N°119: Panel Miro para la partida losa de prevestíbulo.....   | 141 |
| Figura N°120: Registro de las partidas de muro pantalla para el primer trimestre en Airtable.....  | 142 |
| Figura N°121: Registro de las partidas de pila pilote para el primer trimestre en Airtable. ....   | 144 |
| Figura N°122: Registro del avance físico de la pre excavación en Airtable para el primer trimestre.....  | 146 |
| Figura N°123: Registro del avance físico del muro pantalla en Airtable para el primer trimestre. ....  | 147 |
| Figura N°124: Registro del avance físico de la pila pilote en Airtable para el primer trimestre. ....  | 147 |
| Figura N°125: Proceso de resane por contaminación en muros pantalla. ....  | 157 |
| Figura N°126: Proceso de resane de fisuras en losa de cubierta. ....   | 158 |
| Figura N°127: Inundación de losa para la detección de fisuras en losa.....   | 160 |
| Figura N°128: Registro del formulario de encuesta para los supervisores civiles o coordinadores de las etapas del proyecto de la Línea del Metro. .... | 170 |

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

|         |  |
|---------|--|
| Fy      | : Esfuerzo a la fluencia   |
| F'c     | : Esfuerzo máximo a la compresión  |
| Ø       | : Diámetro   |
| MPa     | : Megapascales   |
| HH      | : Horas hombre   |
| BIM     | : Building Information Modeling  |
| MEF     | : Ministerio de Economía y Finanzas  |
| EPC     | : Engineering, Procurement and Construction  |
| ASTM    | : American Society for Testing and Materials   |
| MTC     | : Ministerio de Transportes y Comunicaciones   |
| ATU     | : Autoridad de Transporte Urbano   |
| AATE    | : Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao       |
| TBM     | : Tunnel Boring Machine  |
| NATM    | : New Austrian Tunneling Method  |
| PMO     | : Project Management Office  |
| SST     | : Seguridad y Salud en el Trabajo  |
| AEC     | : Architecture, Engineering & Construction   |
| ACS     | : Actividades de Construcción y Servicio   |
| OSITRAN | : Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público |
| BRT     | : Bus Rapid Transit  |
| TIC     | : Tecnología de la Información y Comunicación  |

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. GENERALIDADES

La industria de la construcción es una actividad económica importante y dinámica que se caracteriza por ser uno de los mecanismos reactivadores de la economía y por su aporte a la generación de empleo, pero también se ha caracterizado por su baja productividad (Clase Ejecutiva, 2017). Si bien muchos factores contribuyen a los sobrecostos de los proyectos de construcción, el factor principal es la baja productividad que le cuesta a la economía mundial 1,6 billones de dólares al año (PlanGrid, 2019).

En los últimos tiempos, la industria de la construcción ha experimentado cambios constantes. Algunas empresas han experimentado la desagradable situación de trabajar sin información online, viendo limitadas sus horas hombre (HH) de trabajo virtual y, en muchos casos, gastando tiempo en tratar de digitalizar el "cuaderno" de obra de cada profesional o jefe de obra para intentar analizar y tomar decisiones con ellos. Las empresas que anticiparon la pandemia optaron por digitalizar completamente o parte de sus procesos en un mercado cada vez más competitivo. Como resultado de esta decisión, han podido optimizar sus tiempos de trabajo productivos, analizar datos en tiempo real y tomar decisiones conjuntas de manera oportuna con sus equipos de forma remota, mejorando el plan de acción para el inicio de obras después de la pandemia (Calidad Cloud, s.f.).

La metodología BIM está tomando protagonismo en el Perú desde las pequeñas hasta las grandes empresas, desde el sector público cuyo organismo impulsor es el Ministerio de Economía y Finanzas a partir del Plan BIM Perú (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2022), es así que autores locales como Guzmán (2019) aplicaron herramientas y tecnologías BIM para la eficiente gestión de la operación y mantenimiento de una infraestructura deportiva, Zarzo (2019) buscó implementar un sistema de seguimiento y control usando tecnología BIM en un proyecto petroquímico, Pérez (2014) destaca por el uso de nuevas tecnologías digitales en la construcción de una edificación, Quispe (2021) aplicó el diseño paramétrico para la generación de estructuras complejas utilizando BIM, también Galiano (2018) expone los procedimientos que implican el uso experimental de las herramientas BIM 3D, 4D y 5D en la planificación, programación y control de una edificación, Trauco (2022) aplicó la herramienta digital PlanGrid para mejorar el costo, plazo, eficiencia y eficacia en un proyecto de infraestructura educativa.

Los requerimientos actuales que presenta la industria AEC (Arquitectura, ingeniería y construcción) exigen la aplicación de modernos métodos y herramientas de seguimiento y control por parte de las empresas para cumplir requisitos reglamentarios y mejorar la competitividad de las empresas de la construcción (Petrov & Hakimov, 2019). En este sentido, aumentar la productividad implica la mejora en varios procesos mediante el uso de nuevas tecnologías y procedimientos constructivos (Alvarenga et al., 2017). El éxito de una buena gestión de la construcción requiere de la integración de procesos, tecnologías y personas para lograr sus objetivos, donde la información sobre el progreso de un proyecto ofrece un diagnóstico continuo de la misma, permitiendo a los diferentes miembros de un equipo realizar las decisiones sobre cualquier medida para salvar el proyecto y asegurar su finalización (Saad, 2000).

La innovación poco a poco está allanando el camino para las prácticas de gestión de proyectos con apoyo tecnológico en construcción, para transformar y establecer nuevas herramientas de monitoreo y para permitir la automatización de la supervisión del progreso de la construcción, mejora en la adquisición de datos y, en consecuencia, mejoras en la toma de decisiones en gestión de proyectos para cumplir objetivos y asegurar la productividad (Xu et al., 2019).

Las buenas prácticas e implementación vienen de la mano con tecnologías digitales tanto en diseño, construcción, operaciones y mantenimiento de las obras de construcción, es así que, con la llegada de la Cuarta Revolución Industrial, la Industria 4.0 es un nuevo paradigma que propone incentivar el uso de sistemas ciber físicos (Erbes, 2019).

## 1.2. PROBLEMÁTICA

En el Perú se desataca la importancia del sector construcción debido a que representa un aporte de 6.7% del PBI nacional, el cual se traduce en 16,500 millones de dólares (Cámara de Comercio de Lima, 2022), sin embargo, el Perú enfrenta una crisis en infraestructura siendo la brecha más significativa el sector transporte, de acuerdo al Instituto Peruano de Economía (IPE), la brecha de infraestructura en ese sector (ferrocarriles, carreteras, aeropuertos y puertos) asciende a US\$ 57,499 millones para el período 2016-2025. En comparación al resto de sectores, es la brecha más grande por cerrar. Según indica el Instituto Peruano de Economía (IPE) uno de los problemas más importantes que impide reducir dicha brecha es que el Perú a diferencia de otros países no cuenta con un

plan nacional de infraestructura, lo que implica que los proyectos tienen la lógica de resolver un problema puntual, y no una solución integral a largo plazo (Revista Costos, 2017), luego recién en el año 2019 el poder ejecutivo impulsa “El Plan Nacional de Infraestructura” que representa el primer esfuerzo del Estado peruano por definir una visión y objetivos para el cierre de brechas en infraestructura (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2019).

Diversos actos de corrupción son comunes en el sector construcción y el Estado peruano no resulta ajeno, el presente siglo tuvo el acontecimiento de la red de corrupción más importantes en el sector construcción, este es el caso del denominado “Club de la Construcción”, la tesis del Ministerio Público indica que el Club habría operado entre los años 2011 y 2014, utilizando representantes ante el Estado peruano para gestionar sus intereses y obtener la buena pro de megaproyectos, de la siguiente manera: cada vez que había un proceso de licitación, las empresas simulando la elección del postor ganador gracias a un arreglo previo sobre la que resultaría ganadora, se comunicaban con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), donde un funcionario público se encargaba de impulsar su postulación y triunfo en la licitación a cambio de una coima que, en la mayoría de casos, era entre el 1% y 3% del valor de los millonarios contratos (Instituto de Democracia y Derechos Humanos de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2020).

El deficiente manejo de las obras de construcción en el Perú bajo la modalidad de concesiones ha resultado perjudicial al Estado peruano causando daños económicos considerables e informalismo en el transporte, tal es el caso del Metropolitano inaugurado en el 2010, sin embargo no se tenía la infraestructura lista y se suscribió una adenda en ese momento con la Municipalidad Metropolitana de Lima, la cual indicaba que el plazo de la concesión de los 12 años, no entraba a regir en el 2010 sino cuando concluyera toda la infraestructura, hasta la estación Chimpú Ocllo en Carabayllo (Clave Ciudadana, 2023), otro importante problema con los contratos mediante concesión es el caso de Rutas de Lima donde la Corte Federal del distrito de Washington ha ratificado a plena vigencia y validez los dos laudos arbitrales internacionales emitidos en los años 2020 y 2022 a favor de Rutas de Lima, esto ocasionará una cuantiosa indemnización al Estado por el problema de los peajes (Ramos, 2024), el proyecto de Línea 2 del Metro de Lima y Callao no es ajeno a este tipo de problemas, esto lo notifica el Diario Internacional El País donde publica que el Tribunal del Ciadi,

organismo de arbitraje dependiente del Banco Mundial, condena al estado Peruano a indemnizar al Concesionario por sobrecostos y daños en el metro de Lima, cabe resaltar que tienen otras dos demandas de arbitraje contra el estado Peruano por el contrato de la Línea 2 (Jiménez, 2024).

Los trabajos de supervisión durante la ejecución de obras han resultado deficientes en algunos proyectos nacionales ocasionando cuantiosas pérdidas económicas y afectando el desarrollo del Perú, entre los principales casos tenemos al Hospital Nacional Hipólito Unanue de Tacna, obra que debió culminar en el 2018 y actualmente se encuentra paralizada debido a que la evaluación de especialistas arroja el cambio de todos los aisladores, un total de 170 y reforzar 56 zapatas al estar en riesgo la estructura, esto demandaría un estimado de 7 millones de dólares (Radio Uno, 2024), otro caso es el Puente Talavera en San Juan de Lurigancho desplomándose por el aumento del caudal del río Rímac (Bedoya, 2019).

Lima es la ciudad más poblada del Perú y requiere de un eficiente sistema de transporte urbano que adolece y carece de una buena gestión, esto lo refleja el ranking de la consultora internacional TomTom que ubica a la ciudad de Lima como la quinta ciudad con mayor congestión de tráfico a nivel mundial y la primera a nivel de las principales ciudades de Sudamérica (TomTom, s.f.), este problema ocasiona una baja productividad de los ciudadanos al desplazarse a sus centros de trabajo, esto lo refleja el estudio de la Escuela de Posgrado de la Universidad del Pacífico y la consultora Marketwin, realizado en 2017, estas instituciones indagaron por el tiempo que les toma a los limeños llegar a sus centros de trabajo, de estudios u otros destinos. La mayoría, el 21.1% de los encuestados, dijeron que pierden de dos a tres horas diarias, también hay una cifra preocupante: el 12.1% pasa más de cuatro horas al día movilizándose hacia sus destinos. La falta de confort en el transporte urbano es una realidad debido a la ausencia de mecanismos para la movilización de los ciudadanos, esto lo refleja el estudio elaborado por la Escuela de Posgrado de la Universidad del Pacífico y la agencia Marketwin donde revela que el 92% de limeños sufre de estrés por el tráfico urbano, asimismo, y el 82% de limeños considera que el tráfico le quita calidad de vida (Marketwin, 2018)

Actualmente uno de los proyectos más importantes para mitigar los problemas del transporte en la ciudad de Lima es la construcción de una red de metro en el área metropolitana de Lima y Callao, hoy en día se viene ejecutando la segunda línea

de metro. La línea 2 del Metro de Lima y Callao cuyo contrato fue firmado en el año 2014 tenía estipulado culminar su ejecución e iniciar sus operaciones en el 2019, sin embargo, continúa ejecutándose debido a múltiples problemas destacando los retrasos en la entrega de áreas de concesión, la liberación de interferencias y la aprobación de los estudios definitivos de ingeniería (Contraloría General de la República, 2021).

El consorcio supervisor de Línea 2 del Metro de Lima (CSIL2) alerta que los estudios definitivos de ingeniería (EDIs) preparados por el concesionario para las estaciones de pasajeros, persistente y sistemáticamente degradan la propuesta técnica inicial de la obra afectando la calidad técnica, la capacidad de las estaciones ante sismos severos y la seguridad de los futuros usuarios (Redacción Gestión, 2016). Por ello el servicio eficiente de la supervisión de obras es importante para garantizar que se cumplan con las especificaciones del contrato y de alertar a los interesados de diversos problemas que se puedan encontrar durante la ejecución del proyecto.

En el Perú existe una escasa participación en investigaciones innovadoras, esto lo refleja el estudio de Cervantes et al. (2019) que muestran la baja producción científica en el país y también lo compara con otros países de la región que son miembros de la Organización de la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), además el Perú solo invirtió el 0,08% de su PBI en Investigación y Desarrollo (I+D) en el 2015, y el 46,8% lo aportaron las universidades, principalmente privadas. China resulta un caso de éxito en políticas I+D, debido a que en los últimos 40 años ha permitido el ingreso de empresas e inversiones extranjeras bajo condiciones de transferencia tecnológica, es decir que para la obtener la autorización de instalarse en China tenían que ceder know-how y transferir la tecnología al socio local que era favorable para el desarrollo del país asiático (Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2023).

El sector construcción a nivel global percibe problemas de digitalización, esto lo refleja el estudio de Agarwal et al. (2016) donde posiciona al sector en el penúltimo lugar superando solo al sector Agricultura y Ganadería como sector digitalizado, lo que limita su acceso a mejoras en sus procesos.

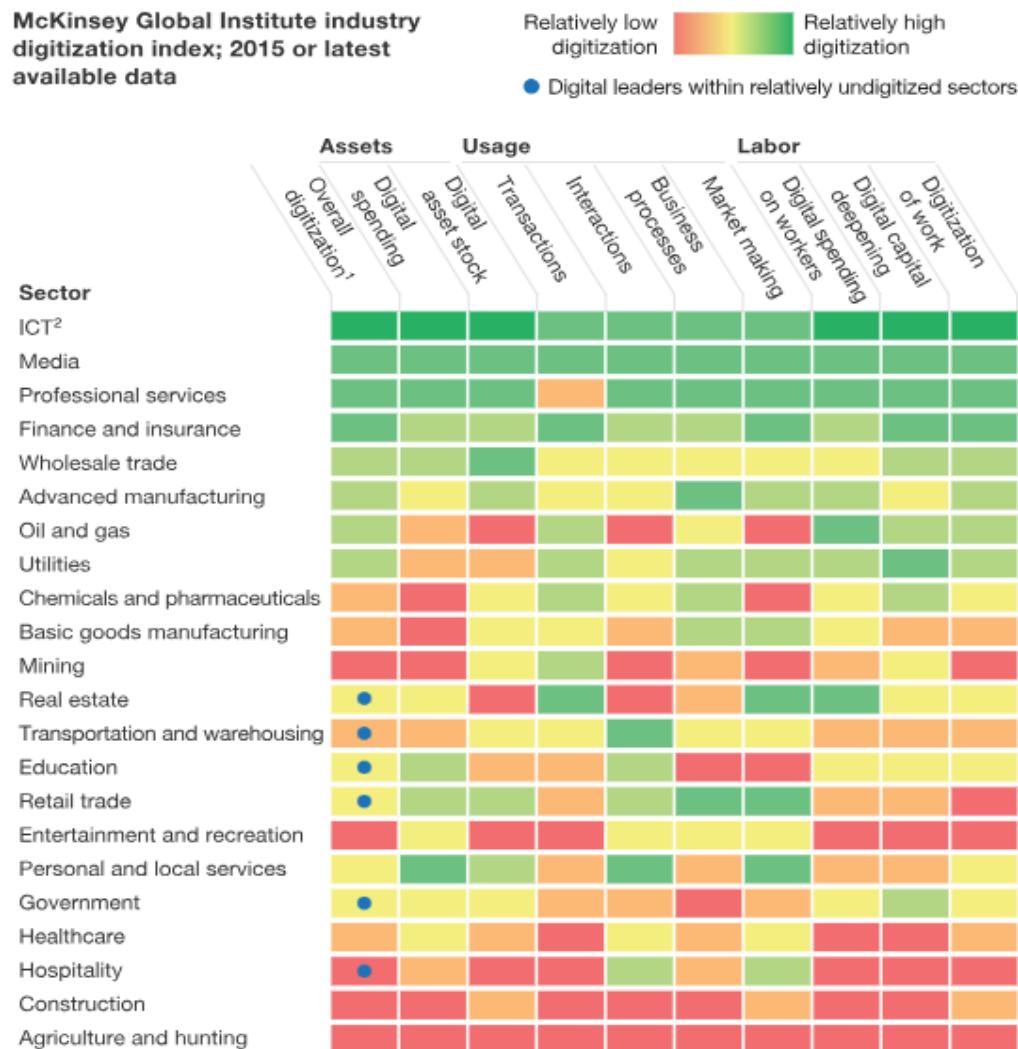


Figura N°1 Métricas de digitalización en los principales sectores económicos.

Fuente: Agarwal et al. (2016)

En el Perú existe una brecha en digitalización, según Digital Planet (2017) el Perú ocupa el puesto 49 de 60 países en digitalización, esta brecha digital se refiere a la diferencia tanto en el acceso como en el uso de tecnologías de la información y comunicación (TICs) que existe entre individuos, organizaciones, o incluso países. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) sugiere que esta brecha está compuesta por tres dimensiones: acceso, que se refiere a la infraestructura; uso, que se refiere a la generación de valor; y habilidades, que se refiere a la capacidad para hacer uso de las TICs ¿Y por qué nos debe preocupar la brecha digital? Pues bien, las TICs son las principales habilitadoras de la economía en esta era digital, toda vez que facilita la provisión de servicios y también de productos digitales (Libaque, 2023).

Ante esta brecha existen startups locales e internacionales que apuestan por el uso de herramientas digitales para mejorar la productividad en los proyectos de construcción, tecnologías en la construcción que abarcan herramientas y plataformas de software utilizadas por diferentes participantes en el sector, incluyendo a ingenieros, arquitectos, y constructores (CB Insights, 2016).

De lo anterior es válido decir que las políticas de Estado en el Perú muestran un bajo interés de inversión en investigación para el desarrollo del país, incluyendo a las investigaciones del sector construcción, sin embargo, de forma local e internacional se desarrollan una serie de investigaciones tomando en cuenta las experiencias y casos de éxito de implementaciones de digitalizaciones en la construcción que pueden favorecer a los proyectos nacionales más importantes del país como es el proyecto de la Línea 2 del Metro de Lima.

### 1.2.1. Problema general

- ¿Las experiencias de implementación de digitalización en obra ayudarán a mejorar el servicio de supervisión de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los principales problemas que se detectan durante el ejercicio de la supervisión de obras que permitan mejorar la calidad de la construcción de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima?
- ¿Qué métodos y herramientas pueden mejorar las comunicaciones del equipo de la supervisión de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima durante la ejecución de obra?
- ¿Qué métodos y herramientas pueden incrementar la productividad del supervisor de obra durante la ejecución de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima?

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. Objetivo general

Establecer e implementar una metodología de gestión digital para la supervisión del avance en obra de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima usando herramientas digitales.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar y diagnosticar los principales problemas durante la supervisión en campo de las obras civiles para generar conocimiento que ayude a mejorar la calidad de la construcción de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima.
- Mejorar las comunicaciones de avance y estado del proyecto con los interesados de la supervisión de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima mediante el uso de modelos BIM.
- Mejorar la productividad del supervisor de obra para generar los reportes de avance de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima mediante el uso de plataformas digitales.

## 1.4. HIPÓTESIS

### 1.4.1. Hipótesis general

La implementación de una gestión digital mediante el uso de herramientas digitales en conjunto con modelos BIM garantizarán una eficiente recopilación y generación de información del estado y avance del proyecto que resultará productivo para la supervisión de obra de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- La implementación de una metodología de gestión digital durante la ejecución de obra permitirá al supervisor de obra identificar y registrar los principales problemas durante la supervisión de obra que puedan ser analizados y utilizados como know-how para mejorar la calidad en la construcción de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima.
- El uso de un modelo BIM permitirá al supervisor de obra gestionar de forma ordenada la información de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima y le permita involucrar al equipo de la supervisión de forma rápida y oportuna.
- El uso de herramientas digitales incrementará la productividad del supervisor de obra eliminando o minimizando los trabajos de gabinete para la obtención de los números que reflejan el estado de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1. SUPERVISIÓN DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española, supervisar es ejercer la inspección en trabajos realizados por otros, además el Reglamento de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado define al supervisor como la persona que será responsable de velar directa y permanentemente por la correcta ejecución de la obra y del cumplimiento del contrato, también se puede mencionar que es el representante técnico del propietario en la etapa constructiva de una obra. La supervisión está basada primordialmente en la necesidad de cumplir los objetivos y meta de la ejecución de obra, conforme a especificaciones técnicas, normas de calidad, control económico, financiero y administrativo, así como también, está orientado a exigir el cumplimiento del contrato de construcción en armonía con el expediente técnico (Fernández, 2013).

La supervisión es una actividad para apoyar y controlar la ejecución de actividades, con el fin de que éstas se realicen satisfactoriamente. En la supervisión de obras se emplean metodologías para controlar la ejecución de las obras, con el objetivo de cumplir el tiempo, así como las condiciones técnicas y económicas establecidas en el contrato de ejecución de obra (Bermúdez, 2010).

Bermúdez (2010) describe tres objetivos básicos en el servicio de supervisión:

Tabla N°1 Objetivos básicos en el servicio de supervisión de obras.  
Fuente: Adaptado de Bermúdez (2010)

| Objetivo             | Descripción   |
|----------------------|---|
| Controlar la calidad | La calidad con que se ejecutan las obras, es regulada por las especificaciones establecidas en el expediente técnico del proyecto, los planos, así como por las normas técnicas reglamentarias expedidas por las Entidades o por los fabricantes de materiales o equipos.   |
| Controlar el costo   | El parámetro comparativo para efectuar el control de los costos de obra lo proporciona el expediente de precios unitarios aprobados por el Cliente o propietario, vigentes a la fecha de revisión. La base sobre la cual se inicia la labor de revisión es el presupuesto, cuyo monto total corresponde con el monto total del contrato de ejecución de obra.   |
| Controlar el tiempo  | La función del supervisor consiste en vigilar que el avance de la obra se realice como lo establece el contrato de ejecución de obra, verificando el calendario de avance de obra programado, caso contrario se debe proceder a informar al Cliente o propietario, y obligar al Contratista (ejecutor de la obra) a adoptar las medidas adecuadas con el fin de revertir el atraso y cumplir con lo estipulado en el contrato de ejecución de obra. |

JLV Consultores (s.f.), una empresa de supervisión reconocida en el mercado nacional, lista los aspectos clave para un servicio eficiente en el ejercicio de la supervisión de obras, a continuación, se presenta la siguiente tabla.

Tabla N°2 Aspectos clave del servicio de supervisión de obras.  
Fuente: Adaptado de JLV Consultores (s.f.).

| Aspectos clave del servicio de supervisión de obras del proceso constructivo |   |
|--|---|
| Control de calidad   | La supervisión del proceso constructivo incluye la implementación y seguimiento de procedimientos de control de calidad. Esto implica la verificación constante de los materiales utilizados, los métodos de construcción y la mano de obra para asegurarse de que cumplan con los estándares especificados.  |
| Cumplimiento de especificaciones y planos                                    | Los supervisores aseguran que la construcción se lleve a cabo de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto. Cualquier desviación o cambio debe ser documentado y aprobado por los responsables antes de su implementación.   |
| Seguimiento del Cronograma   | La supervisión implica un monitoreo constante del progreso del proyecto en relación con el cronograma base. Se identifican posibles retrasos y se toman medidas correctivas para garantizar que el proyecto se complete en el plazo establecido.  |
| Seguridad en el lugar de trabajo   | Los supervisores también están encargados de garantizar que se implementen y sigan rigurosamente los protocolos de seguridad en el lugar de trabajo. Incluye la capacitación del personal, la instalación de medidas de seguridad y la aplicación de prácticas seguras en todo momento, siempre respetando el cumplimiento de la normativa vigente. |
| Documentación y Reportes   | Se lleva a cabo una documentación detallada de todas las actividades, observaciones y cambios en el sitio, con el uso de protocolos y procedimientos previamente aprobados. Esto incluye informes periódicos (diarios, semanales, quincenales o mensuales) que son compartidos con los interesados.   |
| Resolución de problemas  | La supervisión implica la capacidad de abordar problemas en tiempo real. Los supervisores deben tener la experiencia y el conocimiento para resolver problemas técnicos, logísticos o de recursos que puedan surgir durante la construcción.  |
| Coordinación con stakeholders  | La supervisión podría tener una estrecha coordinación con todos los stakeholders involucrados en el proyecto, incluidos arquitectos, ingenieros, contratistas y clientes. La comunicación efectiva es clave para abordar preocupaciones y garantizar la alineación de todos los involucrados.   |

Cortés et al. (2020) y un grupo de especialistas evalúan la gestión del trabajo de supervisión de obras e identifican las principales actividades del Supervisor,

también se identificó un listado de variables que pueden ser consideradas como las causas principales de los eventos que producen los sobrecostos y extensiones de plazo en los proyectos. Además, los autores identifican las características favorables que deberían actuar en beneficio de los intereses del cliente, procurando eliminar o mitigar los factores que contribuyen a producir variaciones en los elementos más sensibles de costo y plazo de la obra. Entonces, luego de realizar una encuesta a varios especialistas de transporte del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con amplia experiencia en gestión de operaciones de infraestructura vial encontraron las principales causas de sobreplazos y sobrecostos son:

- Mala calidad o problemas del diseño inicial, generalmente realizado con anterioridad por otra firma consultora desvinculada de la etapa de construcción.
- Inadecuada gestión del contrato de obra y las cláusulas de este.
- Resolución no oportuna de interferencias. Estas son la relocalización de servicios públicos, el reasentamiento de personas y la restitución de sus medios de vida y subsistencia.

Por otra parte, para la mayoría de los entrevistados los aspectos clave de un buen servicio de supervisión son:

- Experiencia en interpretación de contratos, resolución de disputas y reclamos del contratista.
- Anticipación y búsqueda de soluciones en beneficio del cliente.
- Recursos y métodos de supervisión (control de cantidades, control de calidad, control de avance-cronogramas).
- Liderazgo, negociación y comunicación efectiva con todos los involucrados.

## 2.2. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN CON BIM

La gestión de la información es considerada como el proceso para la obtención de la información adecuada, en la forma correcta, para la persona u organización indicada, al precio adecuado, en el tiempo oportuno y lugar apropiado, para tomar la decisión adecuada. Aspectos que requieren de establecer los medios propicios para que las personas involucradas en su recolección, organización, almacenamiento, recuperación y uso de la información útil que será transformada, tanto de forma individual como colectiva en conocimiento (Woodman, 1985).

BIM genera un modelo de información de una edificación, la cual abarca la geometría de la edificación, las relaciones espaciales, información geográfica, y cantidades y propiedades de los componentes de la edificación. BIM es considerada una información rica, orientada a objetos, inteligente y una representación digital parametrizada de una edificación, de la cual las vistas generadas y datos pueden ser extraídos y analizados para generar información que pueda ser utilizada para tomar decisiones y mejorar el proceso de entrega de la edificación (Forbes et al., 2011). Un entorno BIM está respaldado por una serie de bases de datos interrelacionadas en una ubicación central, que pueden acumular y almacenar datos a lo largo del tiempo (Irizarry et al., 2013). Este recurso centralizado fomenta la colaboración entre las partes interesadas, permitiéndoles intercambiar información, consultar, simular y estimar actividades a lo largo del ciclo de vida de un proyecto (Arayici et al., 2012). Trejo (2018) comenta que la metodología BIM tiene múltiples características que le permiten diversificar su aplicación a varios tipos de proyecto según los objetivos que estos tengan.

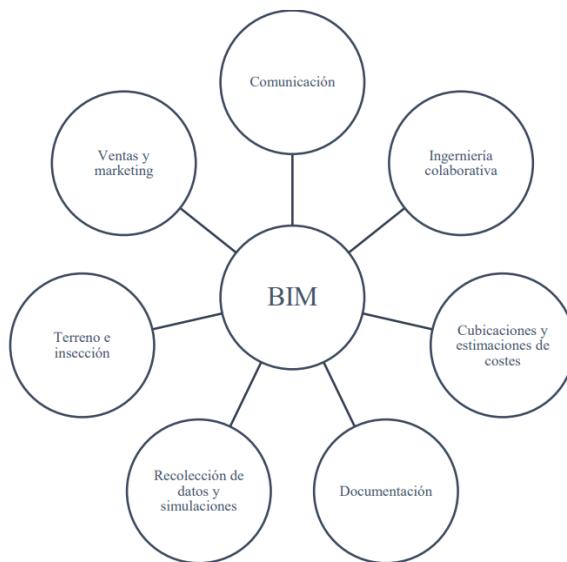


Figura N°2 Aplicaciones de la metodología BIM.  
Fuente: Trejo (2018)

De la figura anterior destacamos las aplicaciones de comunicaciones, ingeniería colaborativa, cubicaciones, recolección de datos.

**Comunicación:** Mediante el uso de BIM es posible modificar la forma en que el modelo es presentado o compartido. Además, existen distintos softwares BIM como canales de comunicación, cumpliendo con diferentes requisitos. Para

stakeholders externos es importante ser preciso y conciso con lo que se quiere mostrar y, mediante BIM, es posible obtener vistas del modelo que cumplan con los requerimientos de estos (modelos 3D, 4D, etc.). Para los internos, el trabajo que realicen determina también el cómo se presentan las partes del proyecto. Para la mano de obra, los planos pueden extraerse del modelo con un gran nivel de detalle, además de la información no gráfica asociada a los distintos elementos, como manuales o especificaciones técnicas y las áreas de ingeniería también pueden revisar en conjunto y comunicarse instantáneamente. (Trejo, 2018)

Ingeniería colaborativa: El trabajo colaborativo en ingeniería consta del traspaso de información, resolución de dudas y discusión de soluciones en conjunto. BIM dispone de plataformas y formas de manejar el modelo que permiten no perder esta facultad colaborativa. Esta interacción interdisciplinaria lleva consigo un diseño más efectivo, con cambios en tiempo real, resolución de desconformidades e interferencias al mismo tiempo, mientras otras actividades son desarrolladas en paralelo. Este diseño colaborativo tiene dos enfoques claros: el centralizado y el distribuido (Trejo, 2018).

El centralizado propone que todas las especialidades trabajan en un mismo modelo, en el cual es necesario definir una serie de protocolos de trabajo y utilizar herramientas computacionales de apoyo para la comunicación (Saldías, 2010).

Por otro lado, el distribuido dicta que cada especialidad trabaja en su propio modelo, intercambiando información de estos e integrándolos al final del proceso para chequear conflictos e inconsistencias (Saldías, 2010).

Cubicaciones: El modelo BIM, gracias a la información ingresada, permite la cubicación de elementos y materiales, además de posibilitar la estimación de costos. Estas estimaciones se pueden desarrollar de dos formas: exportar las cantidades a una planilla de cálculo (ej. Excel) y luego desarrollar el análisis con las herramientas de esta planilla. O vincular directamente las cantidades de los materiales extraídos del modelo con herramientas de estimación de costos del mismo software que nos provee del modelo BIM (Saldías, 2010).

Recolección de datos y simulaciones: La recolección de datos es centralizada y debe contar con respaldos. Esta información puede ser tratada en redes comunes físicas o incluso en plataformas que permiten el trabajo en la nube. Dado que los elementos pueden ser asignados con mucha información, es posible situarse en distintos escenarios y buscar soluciones óptimas, ya sea para la selección de materiales o equipos, variables constructivas, in situ o prefabricados, entre otros.

Estas simulaciones pueden utilizarse para análisis energético, impacto ambiental, planes de mantenimiento, costes, cronograma, etc. (Trejo, 2018).

A continuación, se muestran los beneficios obtenibles para cada etapa del proyecto por el uso de la metodología BIM, en base a los trabajos de Saldías (Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM, 2010) y Aliaga (Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales, 2012).

Tabla N°3 Beneficios del uso de BIM en las distintas etapas de un proyecto de ingeniería y construcción.

Fuente: Adaptado de Saldías (2010) y Aliaga (2012)

| Etapa del proyecto   | Beneficios asociados  |
|--|---|
| Pre inversión (idea, estudios, evaluaciones, ingeniería conceptual y básica)               | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis de las distintas situaciones para evaluar viabilidad, diseño y concepto.</li> <li>✓ Desempeño y calidad del producto final.</li> <li>✓ Disminución de costos y ahorro en el tiempo de desarrollo de proyectos.</li> </ul>   |
| Inversión (ingeniería de detalle, adquisiciones, construcción, pruebas y puesta en marcha) | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Visualización del diseño en cualquier etapa del proceso</li> <li>✓ Correcciones automáticas gracias a parametrización</li> <li>✓ Menor tiempo en elaboración de documentos y traspaso de la información</li> <li>✓ Entrega 2D exactos y consistentes por obtención directa del modelo 3D</li> <li>✓ Trabajo multidisciplinario colaborativo y simultáneo</li> <li>✓ Mejor comunicación entre diferentes disciplinas</li> <li>✓ Mejor coordinación en etapa de diseño</li> <li>✓ Estimaciones de costos</li> <li>✓ Eficiencia energética y sustentabilidad (análisis)</li> <li>✓ Planificación de la construcción (BIM 4D)</li> <li>✓ Detección de interferencias</li> <li>✓ Rápida reacción a problemas en terreno y diseño</li> <li>✓ Modelo útil para fabricación de elementos</li> <li>✓ Técnicas “Justo a Tiempo”</li> </ul> |
| Operación y cierre (utilización, producción y cierre)                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejor administración y operación de las Instalaciones.</li> <li>✓ Control de sistemas y puesta en marcha.</li> <li>✓ Integración con la operación de la instalación y la gestión de sistemas.</li> <li>✓ Análisis y monitoreo de los procesos y trabajos de cierre.</li> </ul>   |

### 2.3. HERRAMIENTAS DIGITALES EN LA CONSTRUCCIÓN

Las herramientas digitales son instrumentos que apoyan a las tareas en la construcción, desde programas y aplicaciones que permiten dibujar, modelar, analizar, obtener presupuestos, calcular estructuras, hasta realizar análisis de riesgos, etc. (Cuervo, 2020).

El estudio de WBCSD (2023) comenta una serie de recomendaciones para la integración de prácticas con respaldo digital, partiendo como base la armonización del equipo de trabajo, las estrategias en procura, recursos para estimular el escalamiento, capacidad de creación y la colaboración.

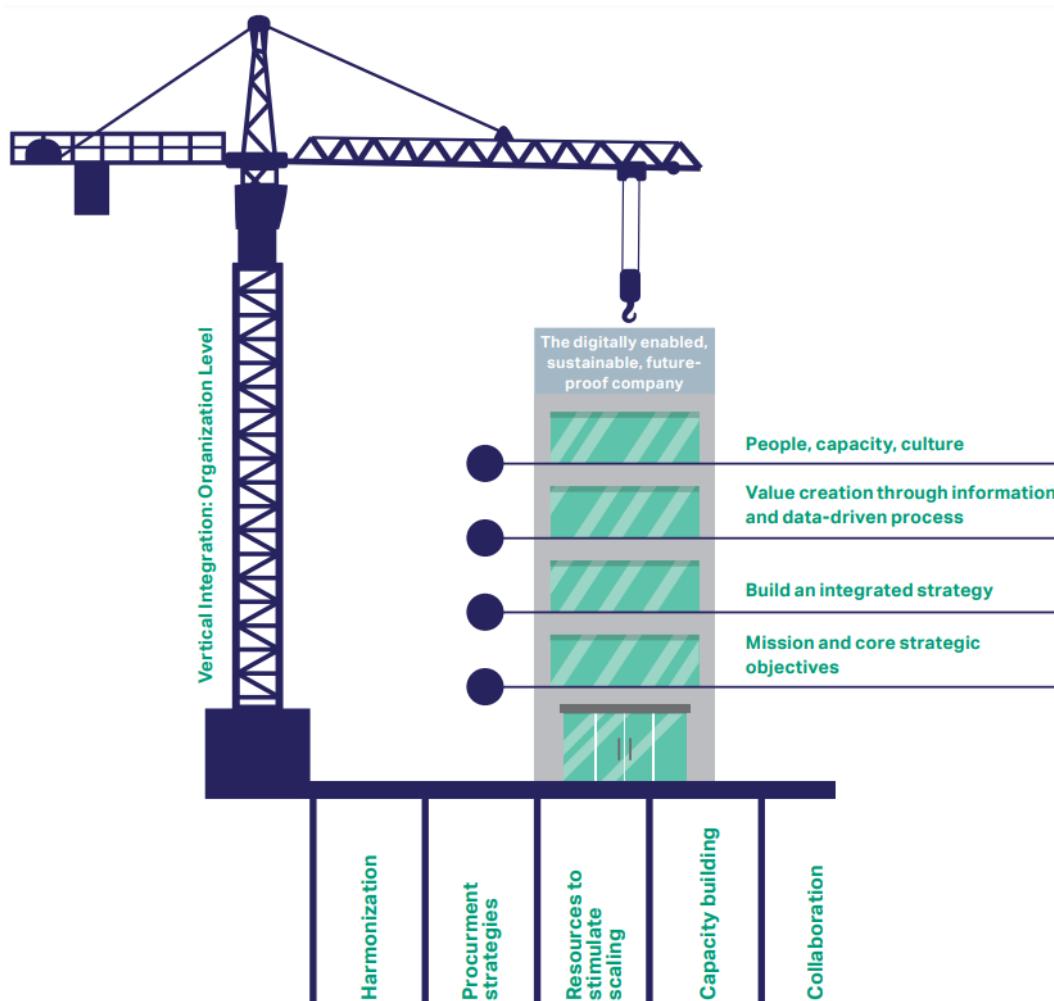


Figura N°3 Elementos de integración vertical y horizontal en el contexto de digitalización.  
Fuente: World Business Council for Sustainable Development (2023)

Las mayores capacidades de los nuevos sistemas TIC para capturar y gestionar información en proyectos han creado, con el tiempo, entornos de trabajo intensivos en información. Esto ha permitido al personal de construcción obtener acceso casi

bajo demanda a los datos, planos, dibujos, cronogramas y presupuestos del proyecto (Behzadan et al., 2008).

Por ello, el uso de las TIC en este sector toma un rol importante, sin embargo, no se han empleado las TIC de manera adecuada, ya que hace falta que su uso vaya acompañado de una estrategia de implementación que permita aprovechar todos sus beneficios, estas herramientas tecnológicas se presentan como un salto de competitividad para las empresas, pues les permite conseguir una mayor productividad en las principales etapas de la construcción (Quevedo, 2020).

El ser humano posee la necesidad innata de recopilar nuevos conocimientos que permitan solucionar problemas de manera cada vez más eficaz, esto lo ha llevado a crear y adoptar diversas herramientas que permitan mejorar y facilitar la obtención de esta información. Así aparecen las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), las cuales permiten la adquisición, almacenamiento, procesamiento, evaluación, transmisión, distribución y difusión de la información (Sánchez et al., 2012).

El surgimiento de un nuevo orden tecnológico está acompañado por el desarrollo simultáneo de tecnologías digitales, lo que contribuye a la eficiencia de la economía nacional y global. La principal razón para implementar tecnologías digitales es el objetivo de aumentar la velocidad en la toma de decisiones y la calidad de gestión de los principales procesos de negocio (Aleksandrova et al., 2019).

Blanco et al. (2018) analizó el creciente panorama de la tecnología de la construcción para buscar tendencias y constelaciones de actividad en torno a la digitalización de los procesos, el mapeo continuo del panorama tecnológico de la construcción, vemos el concepto de diferentes “constelaciones” de soluciones conectadas que emergen y sirven como indicadores de qué las tecnologías están ganando mayor impulso y dónde se puede esperar que su impacto aumente rápidamente en el futuro cercano. Hoy en día, las constelaciones más destacadas incluyen la impresión 3D, la automatización y la robótica, tecnología de gemelos digitales, inteligencia artificial (IA) y análisis; y optimización de la cadena de suministro.

Cruz (2017) realiza un estudio de investigación de implementación de uso de TIC's en una obra en su etapa de acabados donde explora los problemas de comunicaciones entre los involucrados en el proyecto.

Tabla N°4 Recomendaciones de trabajo en uso de TIC's en la construcción.

Fuente: Cruz (2017)

#### RECOMENDACIONES DE TRABAJO EN USO DE TIC'S EN CONSTRUCCIÓN

- ✓ La implementación de cada TIC debe de estar sujeta a la realidad de cada tipo de proyecto, así como a su magnitud y sobre todo enfocado en las personas, para que esta tecnología pueda ser asimilada.
- ✓ Implementar el uso de la aplicación de WhatsApp en la gran mayoría de obras puesto que esta no tiene una barrera muy fuerte en su uso, y realizarlas al inicio de las actividades.
- ✓ Por un espíritu de mejora se puede crear una aplicación estrictamente en el uso de la construcción, puesto que la aplicación de WhatsApp tiene modificaciones permanentes, y estas pueden llegar a no ser muy óptimas en un futuro para los trabajos de construcción, además que también no se adaptarían a ciertos cambios que la construcción necesite.
- ✓ Tener una base de datos propia de la aplicación, la cual puede transferirse a la base de datos de la constructora para la consulta de cualquier situación futura o poder aclarar cualquier problema.
- ✓ Es necesario que haya una persona responsable en el monitoreo de los mensajes de tal forma que se pueda incrementar los mensajes que aportan información relevante, y sea un moderador en ciertas circunstancias.
- ✓ Es recomendable crear una plataforma virtual que suceda al cuaderno de obra tradicional, donde se pueda almacenar los eventos de obra a detalle y este pueda ser visto por los interesados en tiempo real, guardando los términos de seguridad, los aspectos legales y los que se crea conveniente.

Si bien se cuentan con herramientas para el monitoreo y control de proyectos, la monitorización manual es lenta, extensa e inexacta. Se tiene que el 2% del trabajo en la construcción se invierte en registrar los datos de progreso manualmente. Los responsables de realizar los reportes de obra para labores de control dedican del 30% al 50% de su tiempo en su elaboración. Además, en muchas circunstancias, se puede omitir ciertos datos, lo que hace que exista un índice de desempeño impreciso. Como resultado de estas ineficiencias en la recolección e interpretación de datos, no se toman acciones correctivas oportunas y se generan retrasos en las medidas de control (Soman et al., 2017).

Aronés & Mendoza (2020) establecen un ciclo de trabajo para el control de la información digitalizada iniciando con la coordinación de las actividades, cuya actividad está planificada con el área de producción que incluye al maestro de obra, luego el llenado del metrado teórico de forma digital a partir de los metrados del presupuesto, después de realizar las actividades planificadas y por último se realiza el llenado del metrado real ejecutado en campo.



Figura N°4 Ciclo del procedimiento de trabajo de un control digitalizado.

Fuente: Arónés & Mendoza (2020)

Barreras de la transformación digital en la construcción parten del factor humano debido al liderazgo que toman en los proyectos, también implica el esfuerzo de inversión a partir de un presupuesto asignado a estos recursos, la falta de habilidades y capacidades y la resistencia al cambio (Cercano et al., 2021).

Tabla N°5 Principales barreras de transformación digital en la construcción.

Fuente: Cercano et al. (2021)

| Barrera                      | Descripción  |
|------------------------------|--|
| El factor humano             | Consideramos que las principales barreras para la transformación digital no son tecnológicas, sino humanas. Más allá de un procedimiento y una implantación adecuada de la tecnología de la transformación en los líderes de cada proyecto, asociados a un programa de implementación.   |
| Liderazgo                    | Las empresas de construcción, necesitan el compromiso, actitud y el apoyo de los responsables del equipo de trabajo, para la transformación digital.   |
| Presupuesto                  | La transformación digital implica esfuerzo, recursos humanos y dinero, este último es a menudo muy elevado para ser implementado en toda la organización y equipos de trabajo.   |
| Falta de habilidad y talento | La innovación en la transformación digital requiere un enfoque diferente, en el que las personas, los procesos y la tecnología de control, estos se combinan para crear nuevos y diferentes entregables. Para ello el equipo de trabajo necesitan nuevas habilidades relacionadas con la gestión, innovación, creatividad, unidas a la tecnología de control de proyectos. |
| Resistencia al cambio        | Cualquier proceso de cambio lleva asociados los riesgos y las dudas. Estos pensamientos son razonables y hasta cierto punto positivos, pero deben también estar acompañados de la convicción de la mejora continua y la generación de valor en la gestión y toma de decisiones de un proyecto de construcción.   |

Cercano (2021) desarrolla una implementación digital, el cual compara el estado actual con la propuesta de gestión implementando transformación digital dirigida al análisis de dos informes de gestión como son el Informe Semanal de Producción y el Resultado Operativo, las herramientas de transformación digital es aplicable en todos los campos de la Construcción, por lo que queda demostrado que también se obtendrán beneficios en los demás procesos de gestión de proyectos.

Tabla N°6 Gestión actual utilizada por una empresa.  
Fuente: Adaptado de Cercano et al. (2021)

| Descripción de la tarea a realizar   | Gestión actual existente   |   |
|--|--|---|
|  | Características del proceso  | Herramientas usadas   |
| Priorización de datos y resultados a presentar   | No existe  | No existe   |
| Recolección de datos pertenecientes al proyecto  | Están siendo recolectados de manera manual y clasificados en los formatos correspondientes   | -Planos de AutoCAD<br>-Calculadoras<br>-Hojas de cálculo de Microsoft Excel |
| Recolección de datos de campo  | -Se realiza por el método tradicional en formatos impresos.<br>- La frecuencia es diaria.<br>- Lo realiza el ingeniero de producción o los asistentes de Producción.   | Hojas impresas de papel bond  |
| Procesamiento de datos de campo  | Los datos son presentados al Jefe de Oficina Técnica   | Hojas de cálculo de Microsoft Excel   |
| Presentación de resultados   | - El procesamiento de los datos es semanal.<br>- Los resultados son ordenados y presentados en hojas de cálculo de Microsoft Excel.<br>- El archivo de presentación es enviado mediante mail al Residente y Gerente de obra. | Hojas de cálculo de Microsoft Excel   |
| Incorporación de los resultados del Informe Semanal de Producción y demás informes involucrados en el Panel de control semanal | Los resultados son resumidos presentados en formatos preparados en Microsoft Excel considerando todos los informes presentados semanalmente por las diversas áreas de la obra.   | Hojas de cálculo de Microsoft Excel   |

Luego Cercano (2021), presenta el cuadro con las mismas tareas a realizar durante el proyecto, pero a partir de la implementación de transformación digital

con el uso de herramientas digitales (Google Forms, Autodesk Revit, Autodesk Dynamo, Google Sheets, Google Data Studio).

Tabla N°7 Gestión aplicando la transformación digital en una empresa.

Fuente: Adaptado de Cercano et al. (2021)

| Descripción de la tarea a realizar   | Propuesta de Gestión implementando transformación digital   |   |
|--|---|---|
|  | Características del proceso   | Herramientas usadas   |
| Priorización de datos y resultados a presentar   | Se ha realizado una encuesta con un grupo de especialistas con la finalidad de obtener su opinión acerca de los datos a presentar en los reportes estudiados.   | Encuestas realizadas en el Google Forms.  |
| Recolección de datos pertenecientes al proyecto  | Los datos son extraídos automáticamente del modelo BIM hacia los formatos digitales en la nube.   | -Modelo digital de Autodesk Revit<br>- Autodesk Dynamo<br>- Cuadros con datos extraídos en Google Sheets Google Drive   |
| Recolección de datos de campo  | -Se realiza de manera digital y automática<br>- La frecuencia es diaria.<br>- Lo realiza el ingeniero de producción o los asistentes de Producción.   | - Tablets<br>- Formatos digitales preparados en el software Google Sheets<br>- Espacio en la nube de Google Drive       |
| Procesamiento de datos de campo  | No hay necesidad de presentarlos formalmente porque los datos pueden ser extraídos directamente de la nube.   | Formatos digitales preparados en el software Google Sheets  |
| Presentación de resultados   | - El procesamiento de los datos es inmediato.<br>- Los resultados son ordenados y presentados en un formato digital que se actualiza en tiempo real, dichos resultados han sido priorizados en función a los resultados de la encuesta realizada. | - Espacio en la nube de Google Drive<br>- Hojas de cálculo de Google Sheets<br>- Paneles gráficos de Google Data Studio |
| Incorporación de los resultados del Informe Semanal de Producción y demás informes involucrados en el Panel de control semanal | Los resultados son ordenados y presentados en un formato digital que se actualiza en tiempo real, dichos resultados han sido priorizados en función a los resultados de la encuesta realizada.  | - Hojas de cálculo de Google Sheets<br>- Paneles gráficos de Google Data Studio   |

Digital Bricks, una empresa de consultoría en transformación digital en la construcción, presenta lo siguientes casos de éxito: En el proyecto CPF Quellaveco se realizó la implementación de la plataforma colaborativa de “Autodesk Build” para la gestión del proyecto y el aseguramiento de la calidad, donde la propuesta vino acompañado de un cambio de cultura dentro del equipo del proyecto, respecto a temas de calidad se digitalizaron los protocolos de calidad, facilitando su llenado reduciendo así los procesos de digitalización intermedios y el uso de papel, también se rescata el caso de la contratista Armando Paredes que realizó la implementación de la plataforma Plangrid, la herramienta digital les permitió reducir tiempo dedicado a la generación de reportes, de 6 hora a 30 minutos por inspección por departamento, ahorrando un total de 200 horas de trabajo durante la ejecución de todo el proyecto, además lograron incrementar su productividad con las versatilidades que ofrecía la plataforma digital como la búsqueda rápida de información. Otro caso de éxito lo obtuvo la empresa Rutas de Lima al durante la implementación de la herramienta digital Autodesk Build, permitiendo a la empresa contar con un único entorno común de datos, digitalizaron el 100% de protocolos de calidad, permitiendo ahorrar recurso tiempo, a continuación, se muestra una tabla con los resultados del tiempo ahorrado (Digital Bricks, 2023).

Tabla N°8 Tiempo ahorrado por implementación de Autodesk Build.  
Fuente: Digital Bricks (2023)

| Actividad  | Proceso antiguo | Proceso con Autodesk Build | Tiempo ahorrado |
|--|-----------------|----------------------------|-----------------|
| Preparar requerimientos para liberar los protocolos (Imprimir planos, formatos, especificaciones, etc.). | 15 min          | 0 min                      | 15 min          |
| Llenado del formato de protocolo en campo.   | 1 hora          | 45 min                     | 15 min          |
| Buscar al responsable de calidad y supervisión de Rutas de Lima para la Firma de aprobación.             | 1 día           | 0 min                      | 1 día           |
| Consultar o pedir un protocolo a la contratista.   | 2 horas         | 0 min                      | 2 horas         |
| Llamadas y búsqueda a la supervisora para confirmar la aprobación de los protocolos de calidad.          | 10 min          | 0 min                      | 10 min          |
| Cierre, escaneo y archivamiento de los protocolos para el dossier de calidad.                            | 1 mes           | 1 semana                   | 3 semanas       |

Arones M. (2020), desarrolla una propuesta que reduce las horas que invierten personal de obra en labores de control de sus proyectos y parte de un análisis de atributos que tienen las herramientas digitales, y estas son: Procore, IPSUM, Bulldozair y Finalcad.

Durante el contraste destacaron versatilidades como la información cargada a la plataforma, la difusión que tiene esta información con las diversas áreas del proyecto para lograr la transparencia de la información con todo aquel interesado en el proyecto, la generación automática de informes y reportes de obra para reducir la carga laboral del usuario, también la segmentación de equipo de trabajo para poder clasificar y llevar el control ordenado del proyecto, las observaciones vinculadas a los planos del proyecto y por último el presupuesto asignado a la compra del servicio por la herramienta digital.

Tabla N°9 Tabla comparativa de herramientas digitales.  
Fuente: Arones (2020)

| ATRIBUTOS   | PROCORE  | IPSUM  | BULLDOZAIR | FINALCAD |
|---|----------|--------|------------|----------|
| Información del expediente técnico en la plataforma digital.                | Si       | Si     | Si         | Si       |
| Información difundida entre los involucrados de diversas áreas.             | Si       | Si     | Si         | Si       |
| Generación automática de informes, reportes de obra y cuadros estadísticos. | Si       | Si     | Si         | Si       |
| Notificación de procesos atípicos.  | No       | Si     | Si         | Si       |
| Segmentación de equipos de trabajo.   | No       | No     | Si         | Si       |
| Seguimiento de actividades en tiempo real                                   | Si       | Si     | Si         | Si       |
| Administración de los recursos para el proyecto.                            | Si       | Si     | Si         | Si       |
| Cambios sin conexión a redes de internet.                                   | Si       | Si     | Si         | Si       |
| Edición por parte de los usuarios.  | Si       | Si     | No         | Si       |
| Observaciones vinculadas a los planos, fotografías y dibujos a mano alzada. | Si       | Si     | Si         | Si       |
| Costo mensual acceso a la plataforma (S/)                                   | 1,238.00 | 297.00 | 96.00      | 195.00   |

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA PROPUESTA

La presente investigación busca desarrollar la actividad de la supervisión técnica para el control de calidad del proyecto de una estación del Metro de Lima a partir de la implementación de un plan que propone el uso de herramientas digitales para mejorar la productividad de los supervisores a cargo del control de calidad. Primero se comienza a describir el plan actual de la supervisión para identificar y diagnosticar las carencias y deficiencias que no permiten desenvolver al supervisor de forma productiva, luego a partir del diagnóstico se esquematiza el plan de la propuesta que permitirá cubrir las brechas a partir de la digitalización de sus procesos en el contexto de las liberaciones.

### 3.1. LIBERACIONES EN OBRA

Las liberaciones son circunstancias donde el contratista convoca a la supervisión para realizar la entrega formal del producto a medida que adquiere valor hasta cumplir con el alcance de su propuesta, las liberaciones están organizadas en base a un programa de puntos de inspecciones que se adjunta en el procedimiento aprobado también por la supervisión.

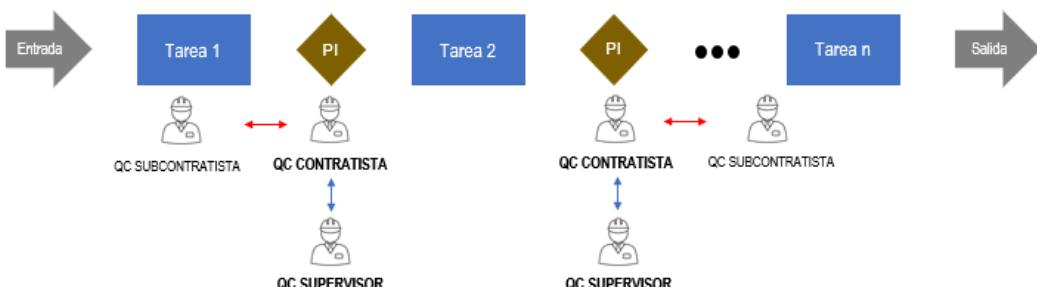


Figura N°5 Flujograma general de una liberación.

Fuente: Elaboración propia

La supervisión se encarga en un primer instante de revisar toda documentación que incluye los planos de construcción, instructivos, procedimientos de trabajo, notas técnicas, memorias de cálculo, cronogramas de ejecución de obra, presupuestos y otros documentos donde la finalidad es que exista trazabilidad con la propuesta pactada y/o firmada en el contrato del proyecto. A partir de la aprobación de todo el estudio de ingeniería del proyecto, el contratista tiene la autorización de empezar con sus actividades, es así que para la inspección de estos trabajos in situ es que se debe contar con supervisores de campo.

Los protagonistas en las liberaciones de obra son tres, el primero es el subcontratista, quien es el constructor o ejecutor directo del producto y/o servicio, el segundo es el contratista general quien es el responsable y organizar a las subcontratistas que tiene a su cargo, por último, el supervisor, quien es el representante técnico del cliente y es quien termina de aceptar los productos en sus diferentes etapas según el programa de inspecciones acordadas, en estas inspecciones se incluyen los ensayos técnicos que se realizan para cuantificar las propiedades de los componentes que conforman el producto.



Figura N°6 Liberación con la participación del supervisor (verde), contratista (amarillo) y subcontratista en obra (anaranjado).

Fuente: Elaboración propia

Las liberaciones son actividades donde se desprenden grandes e importantes cantidades de datos, esta es clave para generar los entregables que todo supervisor debe conocer y presentar a su equipo de proyecto.

Previo al desarrollo de las liberaciones se revisan y aprueban todos los documentos (planos, procedimientos, instructivos, etc.) necesarios que permitan ejecutar el producto y/o servicio, esta información es necesaria para tener el control adecuado del proyecto, entonces a partir de todos los datos recopilados se generan las informaciones del proyecto, destacando el avance físico y valorización del proyecto. El avance físico es el entregable que responde a la pregunta de:

¿Cuánto es el avance porcentual del proyecto?, a partir de la estructura de desglose de trabajo que tiene asignado el proyecto, mientras que las valorizaciones son el reflejo de lo pagado al constructor por la actividad que viene desarrollando a lo largo del proyecto, cumpliendo con todos los protocolos de trabajo. Toda la información se comparte con el equipo que conforma la oficina de gestión de proyecto (PMO) de la supervisión y esta es evaluada antes de realizar los informes del proyecto.

La información presentada por el supervisor es evaluada y aceptada cuando esta se encuentre completa y tenga una fiel coherencia con la realidad presentada en obra. La recopilación de datos es una base importante para elaborar y conocer el estado del proyecto, una eficiente gestión de la información permite a cualquier responsable del proyecto responder sobre el estado en el que se encuentra.

### 3.2. STAKEHOLDERS DE LA SUPERVISIÓN

Los stakeholders son un grupo de personas u organizaciones que participan, tienen influencia y muestran interés por el desarrollo del proyecto, esta lista la encabeza el cliente, la contratista encargada de ejecutar directamente el proyecto y la supervisión quien representa técnicamente al cliente. A continuación, se presenta el organigrama de la supervisión del proyecto, donde resaltan las distintas áreas involucradas con los respectivos especialistas y personal complementario.

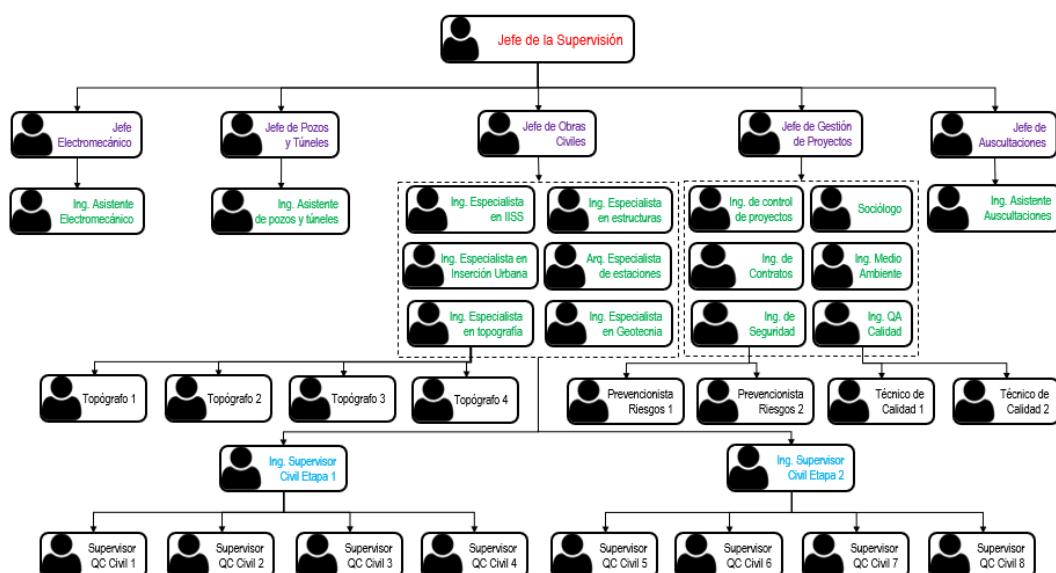


Figura N°7 Organigrama de la supervisión en el proyecto de las estaciones del Metro.  
Fuente: Elaboración propia

La presente investigación focaliza su atención en el stakeholder “Supervisor QC Civil”, cuya función se basa en el control de calidad del producto, en este caso el proyecto de la estación subterránea, también dentro de sus funciones se encuentra la determinación del avance físico del proyecto y reconocer económicamente dicho avance. Cabe mencionar que el supervisor QC civil no es el único actor que a menudo participa dentro de una estación, también toma participación el área de medio ambiente quien se interesa por los controles del ambientales (suelo, aire, residuos, etc.) en base a los permisos y licencias otorgados a la contratista, el área de topografía quien se interesa por el control de los posicionamiento de los elementos que componen la caja de estación, el área de seguridad por medio de su prevencionista quien inspecciona el permiso seguro de trabajo de las actividades, el área de sociología que se interesa ante problemas sociales dentro del contexto del proyecto, el área de auscultaciones quien muestra interés por el control de las deformaciones provocadas por la ejecución del proyecto y el área técnica de calidad quien se encarga de obtener muestras de validación de los materiales utilizados para construir las estaciones.

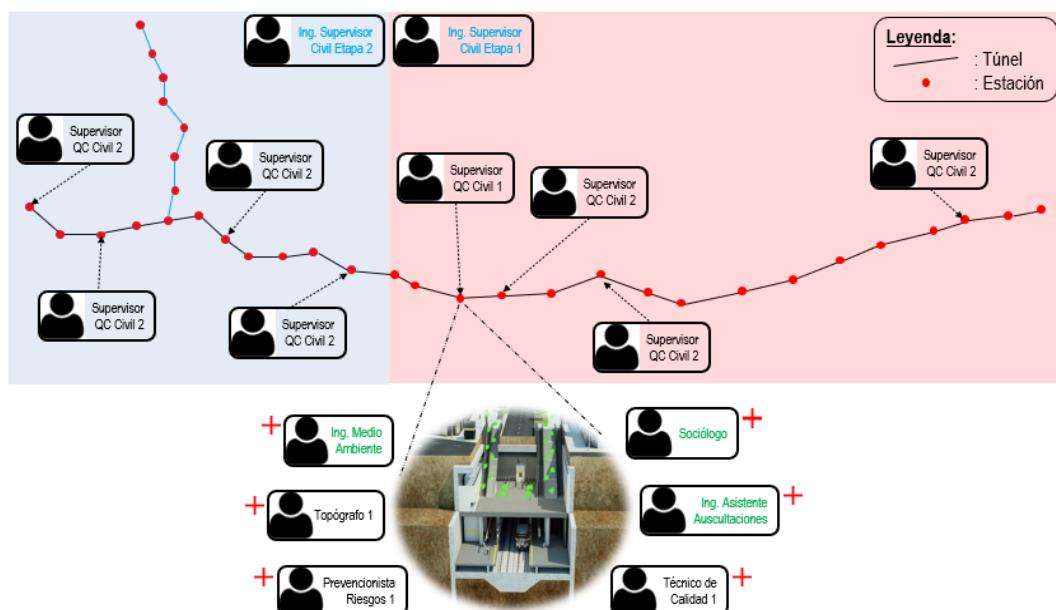


Figura N°8 Personal de la supervisión involucrada en cada estación del Metro.  
Fuente: Elaboración propia

El cliente Ositrán encabeza la lista de los stakeholders de los proyectos y la ejecución de las estaciones del Metro subterráneo no son ajenos a ello, ante esto

los supervisores asignados a las estaciones deben contar de forma transparente, exacta y oportuna con las informaciones de interés siendo estos los avances físicos y las valorizaciones correspondientes del proyecto, también se pueden interesar por informaciones complementarias como el registro de las no conformidades, paralizaciones, etc.



Figura N°9 Auditorías en las estaciones del Metro.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3. PLAN ACTUAL DE LA SUPERVISIÓN DE OBRAS

#### 3.3.1. Encuesta de entrada dirigida a los supervisores de obra de las estaciones

Una primera encuesta es desarrollada para conocer el estado actual de la supervisión en obra respecto a los diferentes métodos utilizados por los supervisores QC civiles para el control de la información que ayude a supervisar la calidad, costos y cronogramas en cada uno de sus respectivos frentes de trabajo, también en esta primera encuesta se intenta conocer la afinidad de los supervisores con las herramientas digitales de control de proyectos. Una vez obtenido los resultados se puede conocer los principales problemas y brechas que permitan controlar con dificultad y poca transparencia la información de las estaciones supervisadas. La encuesta contó con la participación de ocho supervisores civiles de control de calidad.

Preguntas    Respuestas **8**    Configuración

**ENCUESTA PARA SUPERVISORES DE CAMPO  
(TRABAJO DE TESIS DE GRADO - FIC UNI)**

Estimado(a), agradezco que pueda llenar la presente encuesta, todo dato será evaluado de manera anónima y tiene un fin estrictamente académico.

Figura N°10 Registro del formulario de encuesta para supervisores de control de calidad del proyecto de las estaciones del Metro.

Fuente: Elaboración propia

La encuesta contiene once preguntas que buscan conocer el estado actual del ejercicio de la supervisión de obras de los frentes de trabajo y tres preguntas que pretenden conocer la afinidad con herramientas digitales haciendo un total de catorce preguntas. A continuación, se presenta la finalidad de cada pregunta realizada a los encuestados.

Tabla N°10 Lista de preguntas en encuesta para supervisores de campo del proyecto de la Línea del Metro.

Fuente: Elaboración propia

| No | Pregunta  | Finalidad   |
|----|---|---|
| 1  | Ante algún problema en obra como cambio en el diseño, atraso en el cronograma, incompatibilidad, etc. ¿Qué medio más frecuente utiliza para comunicarse con su coordinador?           | Conocer los recursos con los que cuenta el supervisor para comunicarse con su coordinador del proyecto.                   |
| 2  | Ante algún problema con un elemento mucho después de ejecutarse, ¿Dónde encuentra toda la información (plano, fecha de ejecución, ensayos, equipos, cambios, etc.) de aquel elemento? | Conocer la organización de la información del supervisor ante eventos que ocurran a medida que se desarrolle el proyecto. |
| 3  | Ante alguna observación de su parte durante el desarrollo de la supervisión de  | Conocer las medidas que opta el supervisor para recopilar las   |

|    |  |  |
|----|--|--|
|    | su estación ¿Qué medio utiliza para notificarlo a su contratista?  | observaciones en sus frentes de trabajo.   |
| 4  | ¿Cómo realiza el control de los equipos de medición utilizados en su frente de trabajo?  | Conocer el método de control de los instrumentos de medición en las estaciones.  |
| 5  | Usted es asignado a otro frente de trabajo que se encuentra a mitad de su ejecución. ¿Qué información le resulta importante del supervisor precedente para tener el proyecto bajo control? Mencionar todos los documentos. | Conocer los principales medios de información que utilizan los supervisores para el control de sus frentes de trabajo.                   |
| 6  | ¿Cómo obtiene los metrados de avance de obra para realizar el contraste de las valorizaciones presentadas por su contratista?  | Conocer los mecanismos que utilizan los supervisores para calcular los volúmenes de trabajo del proyecto.                                |
| 7  | ¿Cómo determina el avance físico total y por partidas de la estación que supervisa?  | Conocer el método que utilizan los supervisores de obra para determinar el avance de sus frentes de trabajo.                             |
| 8  | Durante las liberaciones ¿Dónde registra las codificaciones de los planos de ejecución de los elementos y los cambios (si los hubiera) que se realizaron?  | Conocer el registro y la gestión de cambios que utilizan los supervisores de obra.   |
| 9  | ¿A usted le resulta productivo utilizar los protocolos de calidad para el desarrollo de sus reportes de supervisión de obras?  | Conocer la utilidad de los protocolos de calidad en la supervisión de obras.   |
| 10 | ¿Con qué frecuencia le ha tomado demasiado tiempo encontrar algún tipo de información de su estación?  | Conocer la frecuencia con la que los supervisores consumen tiempo no productivo para conocer o elaborar alguna información del proyecto. |
| 11 | ¿Qué medios utiliza para recopilar datos de las liberaciones durante la supervisión de su estación?  | Conocer los recursos con los que cuentan los supervisores de obra para almacenar la data necesaria para controlar su frente de trabajo.  |
| 12 | ¿Ha escuchado acerca de los beneficios que implica el uso de la transformación digital en la construcción?   | Tomar conocimiento sobre las nociones con las que cuentan los supervisores sobre la transformación digital en la construcción.           |

|    |   |   |
|----|---|---|
| 13 | ¿Qué usos podría obtener si se le asigna el modelo BIM de su estación?                                    | Conocer las experiencias con las que cuentan los supervisores respecto a tecnologías BIM.                           |
| 14 | ¿Utiliza algún medio digital para registrar sus liberaciones de obra durante la ejecución de su estación? | Conocer las experiencias con las que cuentan los supervisores de las estaciones respecto a digitalización en obras. |

### 3.3.1.1 Resultados de la encuesta de entrada

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 1 se identifica que la gran mayoría de supervisores se comunican con sus respectivos coordinadores a través del canal de mensajería WhatsApp, este medio de comunicación es versátil sin embargo no tiene el soporte de esquemas visuales, bosquejos y/o gráficos de ingeniería que puedan ayudar al coordinador a entender el alcance de forma ordenada.

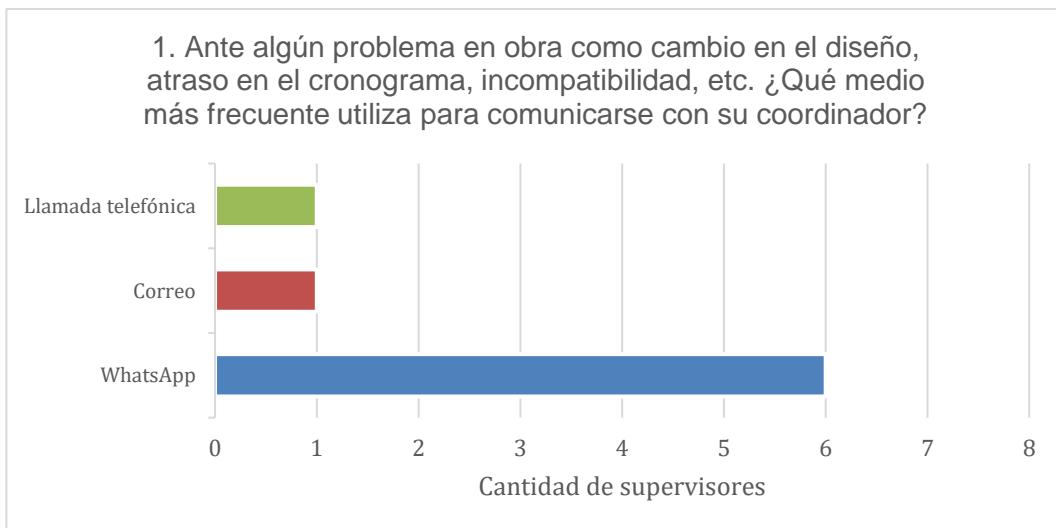


Figura N°11 Respuestas de la pregunta 1 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 2 se identifica que la mayoría de los supervisores recurren al protocolo de liberación, lo cual refleja una dependencia por el papel, este recurso físico no resulta dinámico y para lograr compartir esta información se requiere de presencialidad, lo que no resultaría productivo para el equipo del proyecto.

2. Ante algún problema con un elemento mucho después de ejecutarse, ¿Dónde encuentra toda la información (plano, fecha de ejecución, ensayos, equipos, cambios, etc.) de aquel elemento?

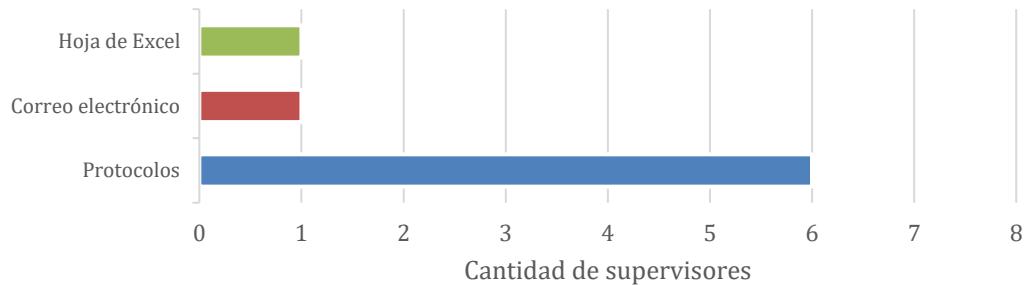


Figura N°12 Respuestas de la pregunta 2 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 3 se identifica respuestas variadas de los supervisores de obra, sin embargo, ninguno realiza un registro digital de las observaciones, lo que puede ocasionar que la información se pierda.

3. Ante alguna observación de su parte durante el desarrollo de la supervisión de su estación ¿Qué medio utiliza para notificarlo a su contratista?

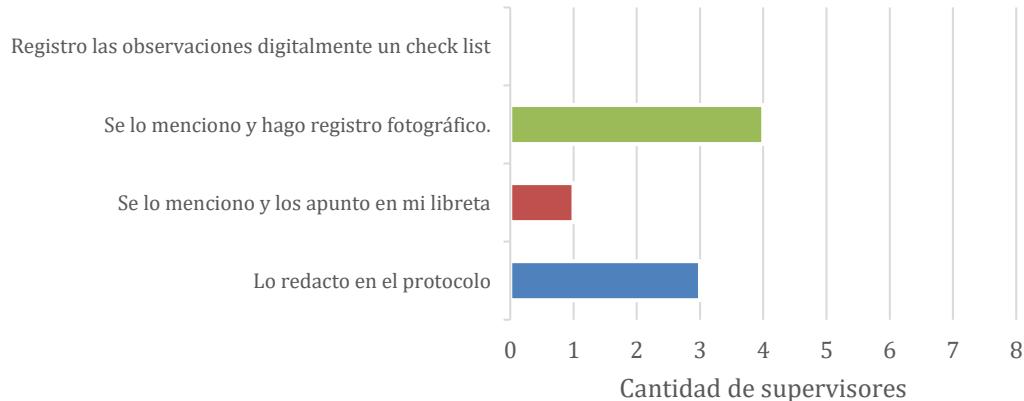


Figura N°13 Respuestas de la pregunta 3 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 4 se identifica que todos los supervisores solicitan los certificados de calibración y revisan el estado de los instrumentos, sin embargo, no se da importancia a las verificaciones intermedias de los equipos.

4. ¿Cómo realiza el control de los equipos de medición utilizados en su frente de trabajo?\* (opción múltiple)

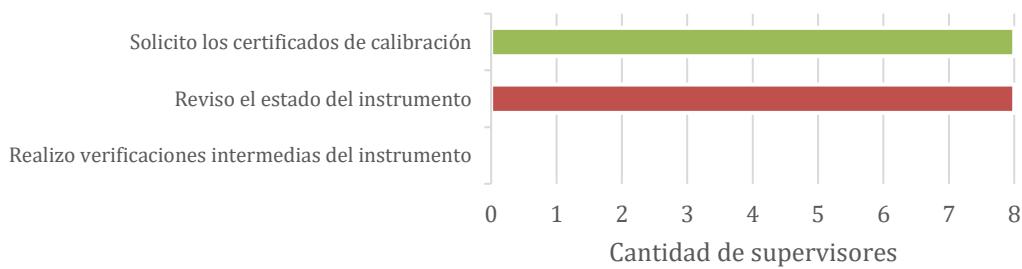


Figura N°14 Respuestas de la pregunta 4 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 5 se identifica una variedad de documentación útil para el control del proyecto por parte de los supervisores de obra, sin embargo, no existe un estándar de documentación para la transferencia de información que ayude al supervisor a tener el control total en la estación supervisada.

5. Usted es asignado a otro frente de trabajo que se encuentra a mitad de su ejecución. ¿Qué información le resulta importante del supervisor precedente para tener el proyecto bajo control? Mencionar todos los documentos.

Fecha de inicio, avance de obra, registro fotográfico, valorización

- Porcentaje de valorización pagada
- Planos actualizados, protocolos, avances, reportes diarios, RNCs u otros.
- Expediente técnico aprobado, solicitudes de cambio, registro fotográfico de protocolos, fichas técnicas
- Última valorización, cronograma real ejecutado actualizado, solicitudes de cambios, no conformidades
- Procedimientos, resumen de liberaciones, valorizaciones, avances
- Entregables mensuales del mes anterior (valorización, avance mensual, porcentaje de avance).

Figura N°15 Respuestas de la pregunta 5 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 6 se identifica todos los supervisores elaboran una hoja cálculo para determinar las cantidades a valorizar para tener el contraste necesario que permita identificar las irregularidades con los números de la contratista, sin embargo, no se ve una forma innovadora como alternativa para la determinación de los metrados.

6. ¿Cómo obtiene los metrados de avance de obra para realizar el contraste de las valorizaciones presentadas por su contratista?

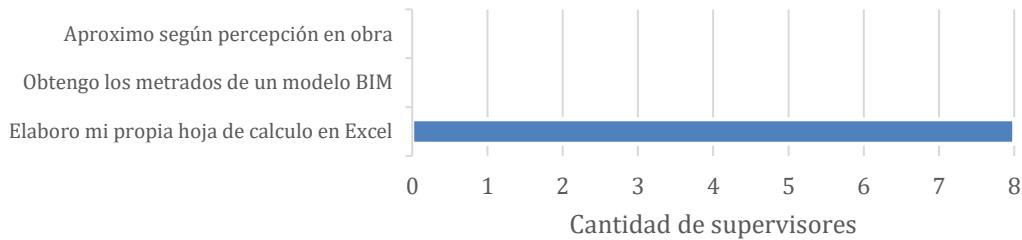


Figura N°16 Respuestas de la pregunta 6 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de las preguntas 7 se identifica que todos los supervisores de obra digitán sus datos desde el medio físico para llevarlos a plantillas en hojas de Excel, esto trae consecuencias como el consumo de tiempos improductivos al realizar retrabajos de digitar nuevamente los datos que ya se tenían registrados.

7. ¿Como determina el avance físico total y por partidas de la estación que supervisa?

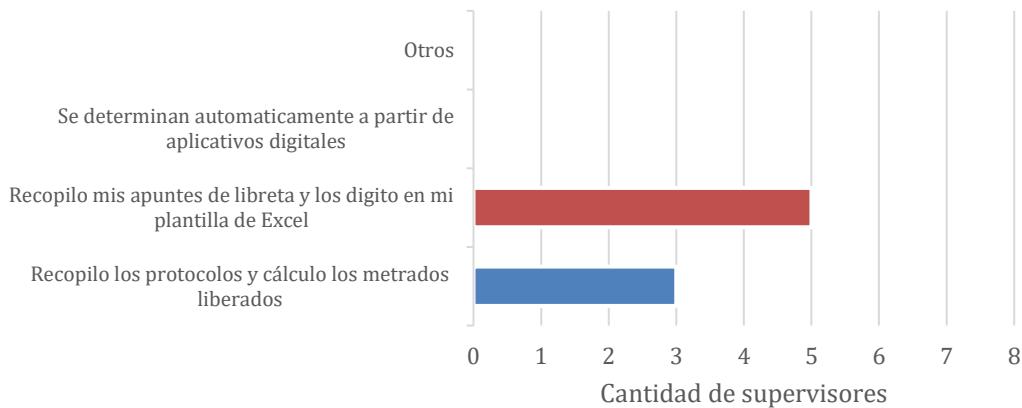


Figura N°17 Respuestas de la pregunta 7 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de las preguntas 8 se identifica que todos los supervisores de obra digitán sus datos desde el medio físico para llevarlos a plantillas en hojas de Excel, esto trae consecuencias como el consumo de tiempos improductivos al realizar retrabajos de digitar nuevamente los datos que ya se tenían registrados.

8. Durante las liberaciones ¿Dónde registra las codificaciones de los planos de ejecución de los elementos y los cambios, si los hubiera, que se realizaron?\* (opción múltiple)

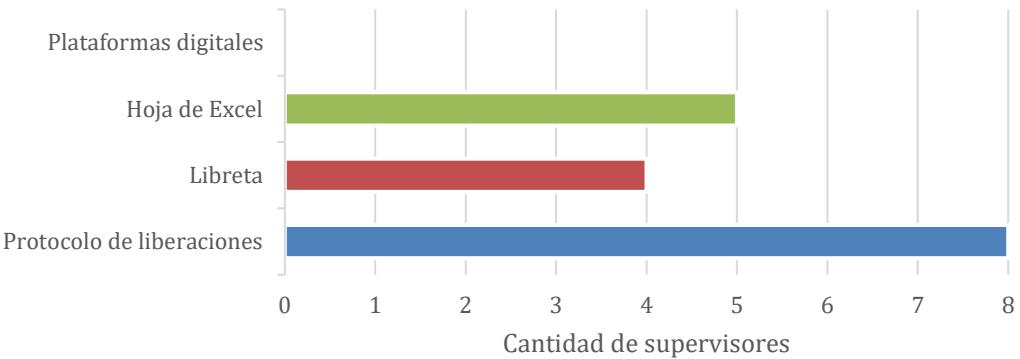


Figura N°18 Respuestas de la pregunta 8 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 9 se identifica que la gran mayoría de supervisores no le resulta productivo trabajar con los protocolos de calidad para elaborar sus entregables.

9. ¿A usted le resulta productivo utilizar los protocolos de calidad para el desarrollo de sus reportes de supervisión de obras?



Figura N°19 Respuestas de la pregunta 9 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 10 se identifica que en algún momento todos los supervisores de obra han tenido problemas para contar con los datos e informaciones de su frente de trabajo, consumiendo sus tiempos lo que resulta improductivo para los miembros del equipo de la supervisión.

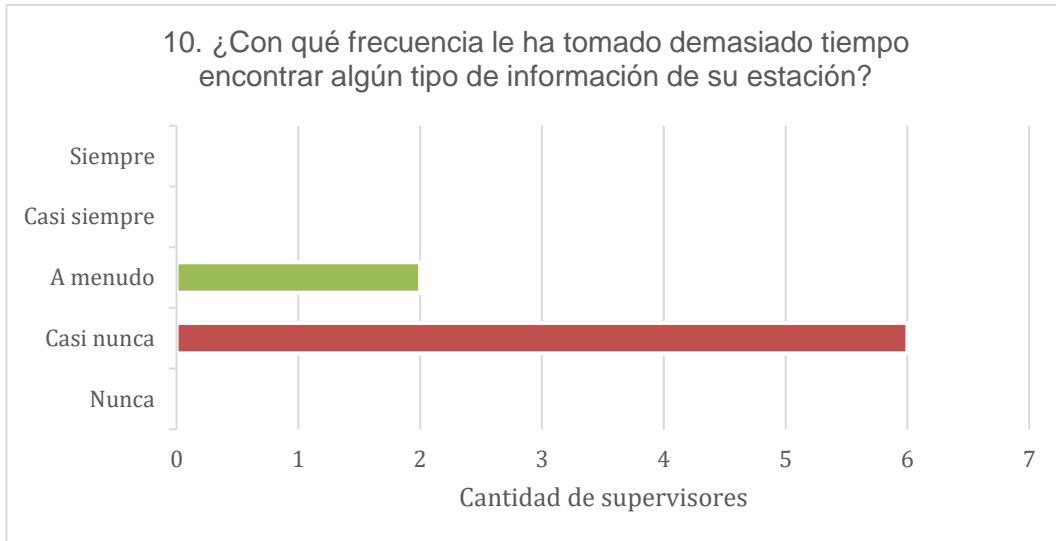


Figura N°20 Respuestas de la pregunta 10 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 11 se identifica que la mayoría de los supervisores de obra utilizan medios físicos para recopilar datos e informaciones durante el contexto de las liberaciones.

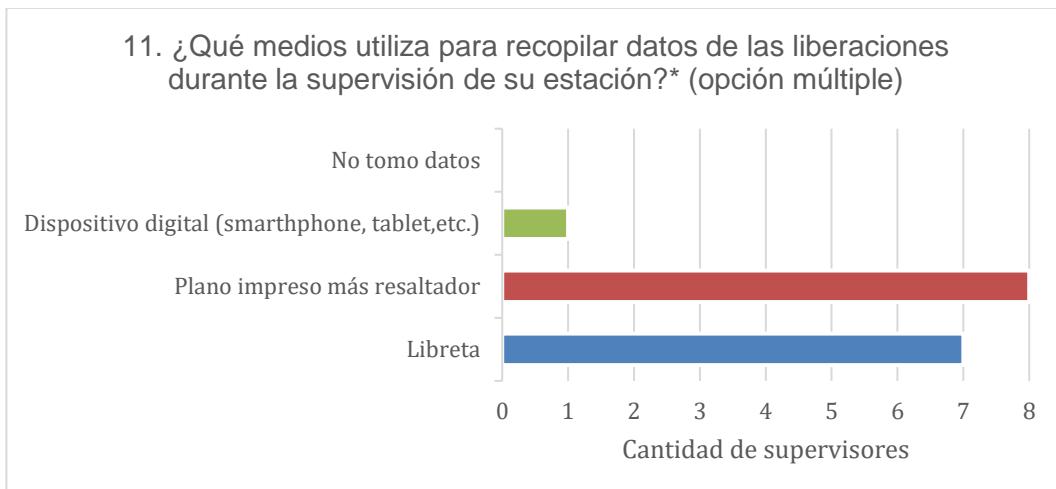


Figura N°21 Respuestas de la pregunta 11 de la encuesta para supervisores.  
Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 12 se identifica un débil conocimiento de la mayoría de los supervisores de obra respecto a temas de transformación digital aplicada a la construcción.

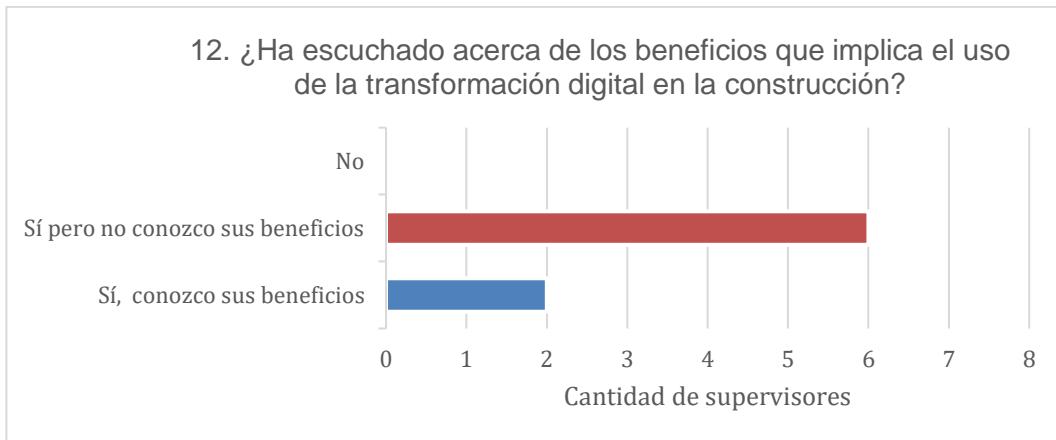


Figura N°22 Respuestas de la pregunta 12 de la encuesta para supervisores.

Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 13 se evidencia el conocimiento de algunas versatilidades que ofrecen los modelos BIM, ante esto es importante la capacitación de los supervisores en el uso de modelos BIM para que puedan conocer más beneficios que ofrecen estas tecnologías, que es parte de la propuesta.

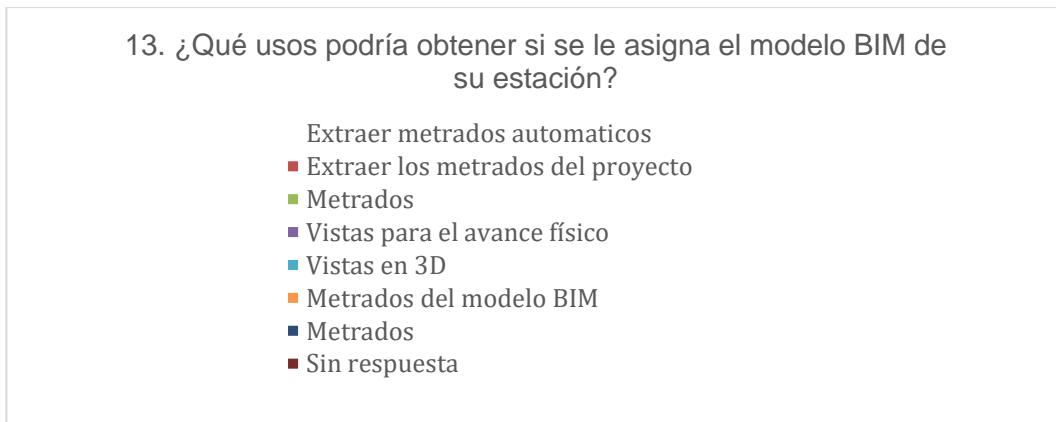


Figura N°23 Respuestas de la pregunta 13 de la encuesta para supervisores.

Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las respuestas de la pregunta 14 se identifica que siete de los ocho supervisores encuestados no utilizan medios digitales para el control la organización de la información, esto nos hace inferir una brecha de conocimiento de los beneficios que puede traer el uso de las herramientas, donde cualquier usuario desde un smartphone puede implementarlo.



Figura N°24 Respuestas de la pregunta 14 de la encuesta para supervisores.

Fuente: Elaboración propia

El resultado puede inferir la existencia de una brecha de conocimiento sobre los beneficios de utilizar herramientas digitales para gestionar los proyectos. Es así que en la presente tesis plantearemos el estado actual de la supervisión de obras para luego eliminar o mitigar los procesos que no generan valor y así establecer el plan de la propuesta que utiliza la digitalización de la información como base para obtener resultados más confiables y transparentes.

### 3.3.2. Flujograma del estado actual de la supervisión de obra de las estaciones

La forma tradicional de obtener datos en una liberación es acudir a medio físicos como el papel, a partir de los apuntes en libretas, en hojas sueltas, en planos impresos resaltados y el protocolo de liberación, siendo este último una documentación importante para el sustento del acuerdo entre el contratista y el supervisor, también es común el registro de fotografías del proceso constructivo como evidencia del trabajo que se realiza en obra, en algunos casos se opta por el uso de etiquetas en las fotografías para llevar el registro diario del proyecto.

Lo anterior es lo común que se puede evidenciar en los proyectos de construcción, y a consecuencia de este actuar se pueden presentar múltiples problemas para desarrollar informaciones que al supervisor le interesa conocer.

Debido a que la recopilación de la información se realiza sobre un soporte físico existe el retrabajo de digitar estos datos para analizarla y procesarla en información para los interesados en el proyecto, sin embargo al recopilar dicha data en el contexto de la liberaciones puede traer consecuencia tales como: omisiones de información, uso de recursos de tiempo no productivos en la búsqueda de información de interés, obtención de volúmenes de trabajo de forma manual, falta de transparencia de información, alta demanda en el trabajo de gabinete por retrabajos, etc.

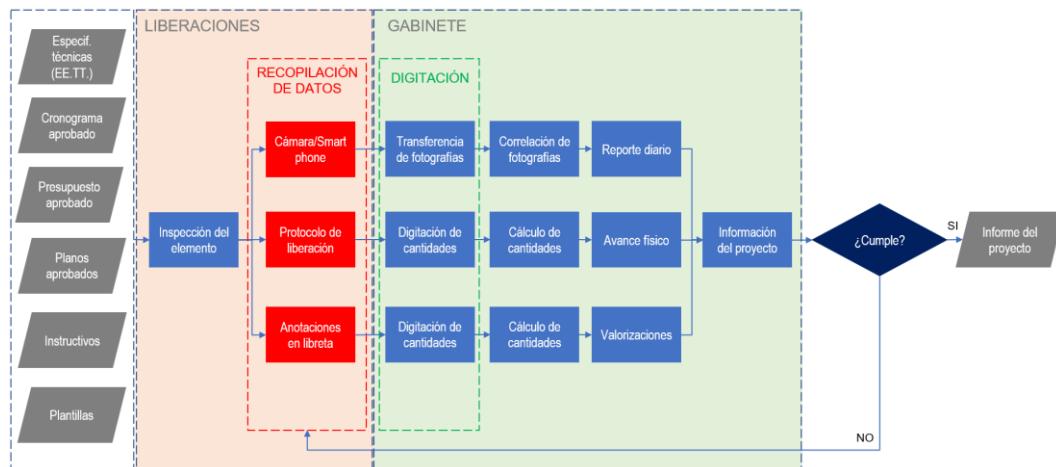


Figura N°25 Flujo de trabajo del estado actual del contexto de las liberaciones de la supervisión.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.4. PLAN DE LA PROPUESTA DE SUPERVISIÓN DE OBRAS

El planteamiento de la propuesta es una forma práctica y ordenada de recopilar datos de obra en el escenario de las liberaciones y así contar de manera automática con datos que ayuden a minimizar el tiempo invertido en trabajos de obtención de informaciones de interés, contando con información en tiempo real, transparente y ordenada de los hechos presentados en el proyecto, así que se abandona el papel y se digitaliza la recopilación de datos en plataformas o herramientas digitales colaborativas, a continuación presentamos las 3 herramientas que utiliza la propuesta.

#### 3.4.1. Herramientas digitales de la propuesta

##### 3.4.1.1. *Airtable*

La primera herramienta digital es “Airtable”, esta plataforma es una matriz o un tablero dinámico donde se registra todos los datos recopilados durante el evento de las liberaciones, la interfaz que posee la plataforma es intuitiva y dinámica, resultando fácil la digitación de la información.

Para formular y desarrollar informaciones donde el supervisor tenga participación, se personaliza el tablero bajo el interés de los supervisores de calidad, y los parámetros a medir son los siguientes:

**Fecha de liberación**, registrar data en este parámetro es importante debido a que nos permite ordenar las liberaciones y recortar el análisis en períodos solicitados

por los interesados, el tiempo u hora es también registrado debido a que en algunos procesos se toma en cuenta el factor tiempo para tomar decisiones.

**Ítem**, se registra el ítem del presupuesto para tener conocimiento de la partida a valorizar próximamente, y tener presente que dicha partida haya sido registrada en todos los puntos de inspecciones hasta llegar a la entrega final de producto lo que resulta el pago total de dicha partida.

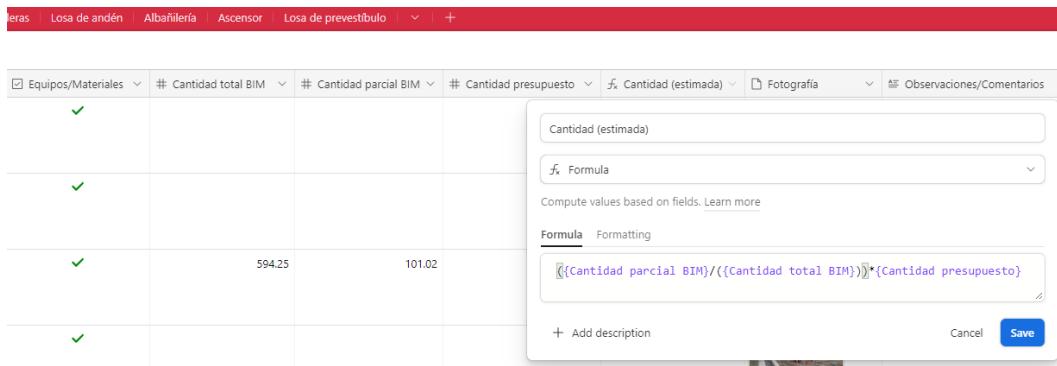
**ID**, se registra el identificador que permite desarrollar el cronograma del proyecto y conocer el avance físico del proyecto en tiempo real.

**Descripción**, se registra una breve descripción de la liberación para la facilidad y reconocimiento del evento registrado.

**Documentación**, se registran los documentos utilizados para ejecutar los elementos del proyecto y así cumplir con el alcance, estos pueden ser los planos de construcción donde se incluya la codificación y revisión en la que se encuentre.

**Equipos y materiales**, se registra el visto bueno de los recursos utilizados para ejecutar el proyecto y los equipos de medición mediante el certificado y/o informe de calibración.

**Cantidad**, se registra la cantidad estimada a partir de data recibida del modelo BIM, esta cantidad reconocida es importante para el reconocimiento de las valorizaciones y el avance físico.



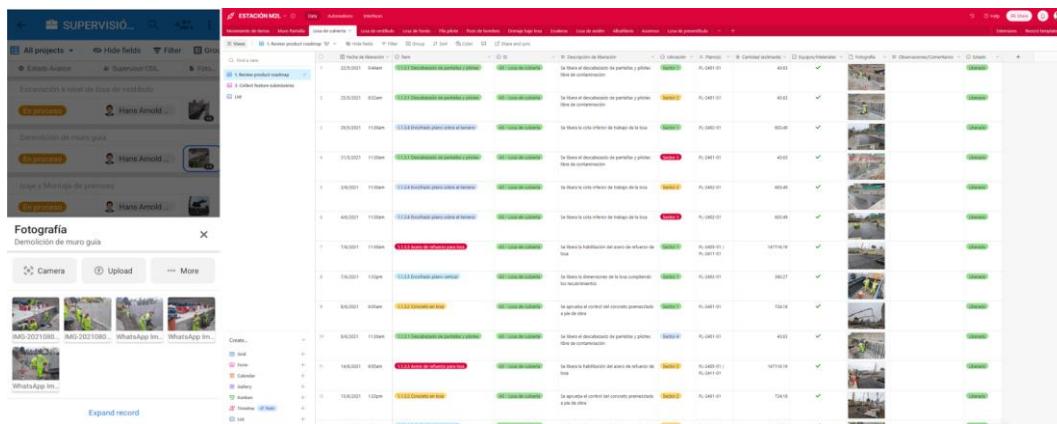
The screenshot shows a screenshot of an Airtable spreadsheet. The top navigation bar includes tabs for 'Leras', 'Losa de andén', 'Albañilería', 'Ascensor', 'Losa de prevestíbulo', and a '+' button. Below the navigation is a table with several columns: 'Equipos/Materiales', 'Cantidad total BIM', 'Cantidad parcial BIM', 'Cantidad presupuesto', 'Cantidad (estimada)', 'Fotografía', and 'Observaciones/Comentarios'. The 'Cantidad (estimada)' column contains a formula editor. The formula is:  $(\{Cantidad parcial BIM\}) / (\{Cantidad total BIM\}) * \{Cantidad presupuesto\}$ . The formula editor also includes options for 'Compute values based on fields. Learn more', 'Formula', 'Formatting', 'Add description', 'Cancel', and 'Save'.

Figura N°26 Fórmula para determinar la cantidad estimada en el tablero Airtable.  
Fuente: Elaboración propia

**Fotografía**, se registran evidencias mediante imágenes para fortalecer la confianza y alcance de las liberaciones.

**Observaciones y/o comentarios**, se digitan las observaciones o cambios realizados por la contratista y así registrar el as built del proyecto, también algún comentario que pueda ayudar como lección aprendida en las futuras liberaciones.

**Estado**, se registran tres posibles estados en el que se encuentra la liberación y estas son: liberado, observado y no conformidad.



The screenshot shows a digital supervision matrix for a station. The columns include: Fecha de liberación, liberador, Estado, and Notas. The rows list various tasks and their status. For example, task 1 (22/5/2021) is 'Liberado', task 2 (25/5/2021) is 'Observado', task 3 (25/5/2021) is 'Observado', task 4 (31/5/2021) is 'Liberado', task 5 (3/6/2021) is 'Observado', task 6 (4/6/2021) is 'Observado', task 7 (10/6/2021) is 'Observado', task 8 (14/6/2021) is 'Observado', task 9 (14/6/2021) is 'Observado', and task 10 (14/6/2021) is 'Observado'. Each row also includes a small image and a status indicator (green, yellow, red).

Figura N°27 Matriz de datos en la plataforma Airtable de la estación supervisada.

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.2. *Miro*

La segunda herramienta digital es la pizarra digital colaborativa “Miro”, esta pizarra nos otorga la libertad de organizar la información por paneles que ayudan visualmente a controlar los elementos que se ejecutan en el proyecto. Estos paneles se organizan en base al presupuesto del proyecto, en cada panel se tienen los planos de construcción aprobados y ordenados, donde se cargan notas virtuales y se resaltan los avances en base a los puntos de control de las liberaciones, esto varía de acuerdo a cada partida. Visualmente la pizarra Miro ayuda y permite a cualquier usuario interesado en el proyecto identificar de forma rápida, eficiente e intuitiva el estado del proyecto de forma simple y en tiempo real con la búsqueda inteligente que tiene entre sus principales funciones.

La plataforma Miro permite resaltar el área de interés, insertar comentarios en la posición de discusión en el proyecto, colocar notas simulando un tablero de oficina o una sala de planificación virtual.

Miro se comporta como un espacio de colaboración donde se comparte el avance del proyecto en tiempo real y se puede conocer el estado del proyecto por partida a partir de la preparación de una plantilla que puede ser adaptada a gusto del usuario y además de un tablero general que muestre el resumen del proyecto describiendo los controles más importantes del proyecto.

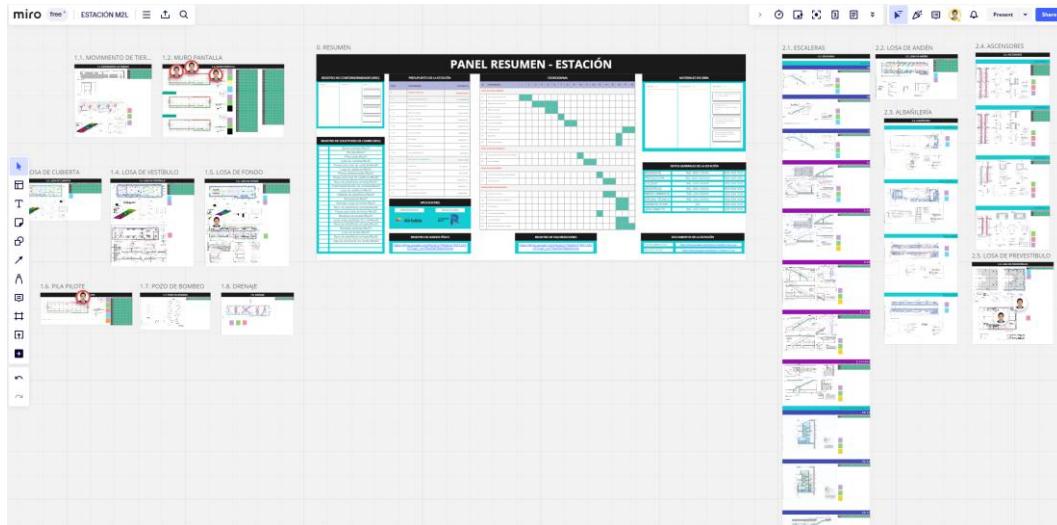


Figura N°28 Interfaz de la plataforma Miro de la estación supervisada.

Fuente: Elaboración propia

El panel de resumen contiene toda la información general del proyecto de la estación y su composición es la siguiente:

**Datos generales**, este apartado del panel muestra los principales actores o responsables de la contratista y los separa en las distintas áreas del proyecto, encabezando la lista el residente del proyecto, responsable de producción, calidad, seguridad, medio ambiente, social y oficina técnica.

**Registro de no conformidades**, donde los registros son posicionados en base al estado en el que se encuentre cada producto no conforme.

**Solicitudes de cambio**, en este panel se lleva el registro de todas las solicitudes de cambio y sus respectivas revisiones para tener conocimiento que planos se han superado y ejecutar los elementos con la última revisión.

**Presupuesto**, es parte importante y todo supervisor debe tener al alcance los componentes del presupuesto.

**Cronograma**, es parte importante y todo supervisor debe tener al alcance los componentes del cronograma y permitir contrastar el estado actual o realidad del proyecto con el compromiso del proyecto.

**Materiales**, todo material permanente o provisional debe contar con la aprobación formal en base al cumplimiento estricto de las especificaciones técnicas del proyecto, el panel muestra el estado en el que se encuentra hasta finalizar con su aprobación.

**Aplicaciones**, en este apartado se utilizan enlaces directos a las aplicaciones que complementan la implementación propuesta, siendo “Airtable” el tablero de control y el modelo “BIM” la maqueta virtual de la estación supervisada.

**Documentos generales**, la documentación necesaria para el conocimiento total de la estación se encuentra enlazada en este apartado destacando al avance físico, valorizaciones, instructivos y procedimientos de trabajo.

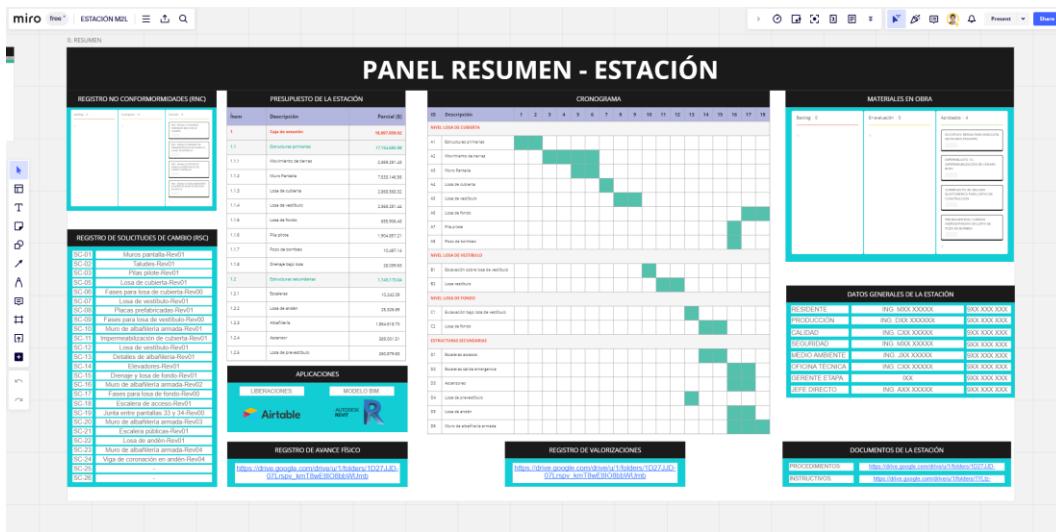


Figura N°29 Panel resumen en Miro de control de la estación supervisada  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.1.3. Tecnología BIM

La tercera y última herramienta es BIM, a partir del uso del modelo BIM que refleja de forma tridimensional toda la estructura del proyecto. El modelo BIM del proyecto es valioso debido a la información que contiene, esto se alcanza de forma sistemática a partir del uso de parámetros que se asignan a todos los elementos que conforman el modelo BIM de la estación.

La construcción del modelo BIM de la estación nos permite tener un mejor panorama de todos los elementos que se van a ejecutar, el modelo BIM nos permite obtener los volúmenes de trabajo o metrados de todos los elementos y de forma automática a partir del uso de las tablas de planificación del modelo BIM, estos datos obtenidos complementan al tablero digital de la herramienta Airtable para tener conocimiento del avance físico y la valorización del proyecto.

El avance físico y la valorización del proyecto se ven reflejados a partir del filtro visual de colores que manejan los modelos BIM, lo que hace el fácil reconocimiento de los elementos de análisis.

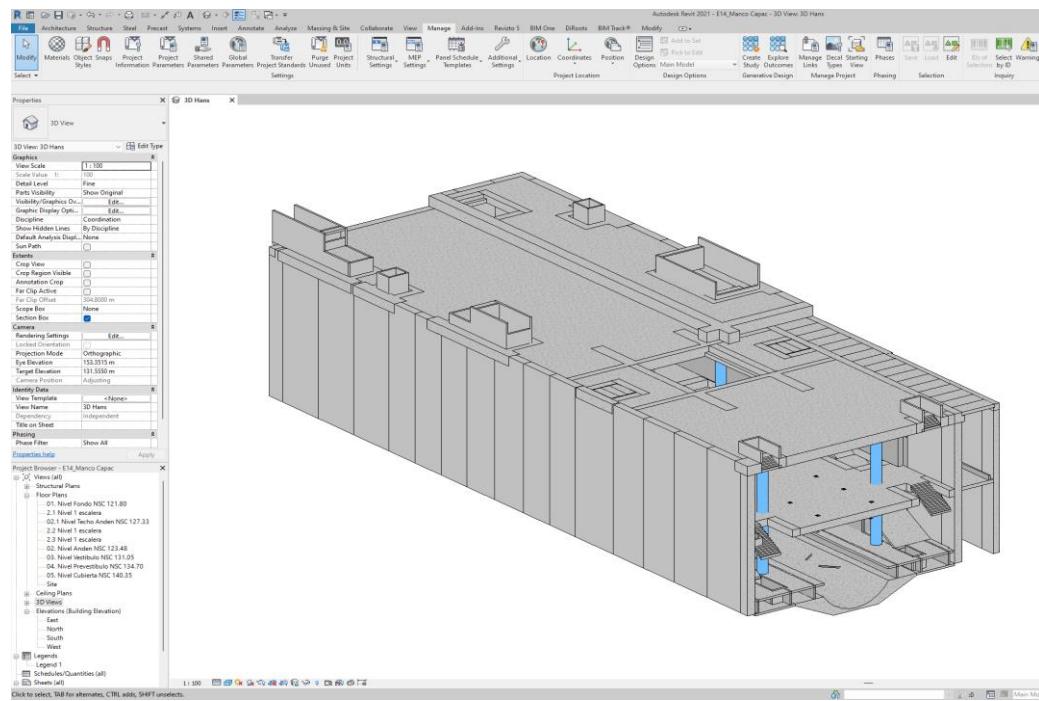


Figura N°30 Modelo BIM de la estación del Metro.  
Fuente: Elaboración propia

La creación de parámetros es uno de los principales beneficios que tiene todo software BIM, y la libertad de crear las que el proyecto requiera lo hace aún más pragmático. Entonces, todos los elementos de la estación modelada digitalmente se rigen bajo los siguientes parámetros:

**Ítem**, es parámetro relaciona la partida del presupuesto a cada elemento que conforma el modelo y es importante para el reconocimiento de las valorizaciones  
**Estado**, este parámetro nos permite ubicar de forma visual los elementos liberados en su totalidad registrándose todas las inspecciones libres de observaciones, también nos permite conocer los productos no conformes.

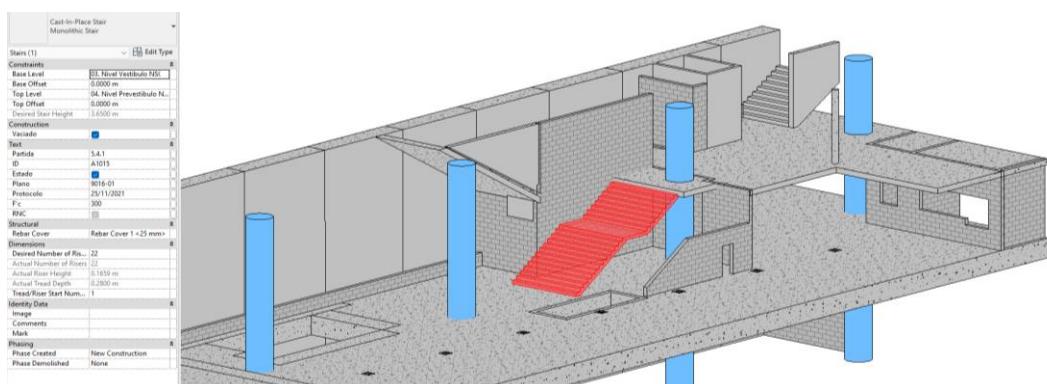


Figura N°31 Escalera parametrizada en el modelo BIM.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Flujograma de la propuesta

Entonces, luego de listar las tres herramientas digitales y describir sus versatilidades, se muestra a continuación el flujograma de trabajo del plan propuesto que a diferencia del plan tradicional se busca eliminar el proceso de digitación de los datos recopilados en las liberaciones debido a que no agregan valor y consume recursos que no resultan productivos, entonces en el contexto de las liberaciones se utilizan las herramientas Airtable y Miro para la recopilación de datos in situ, esta data alimenta de información al modelo BIM resultando así la obtención confiable de informaciones de interés para el proyectos como el avance físico, valorizaciones, etc.

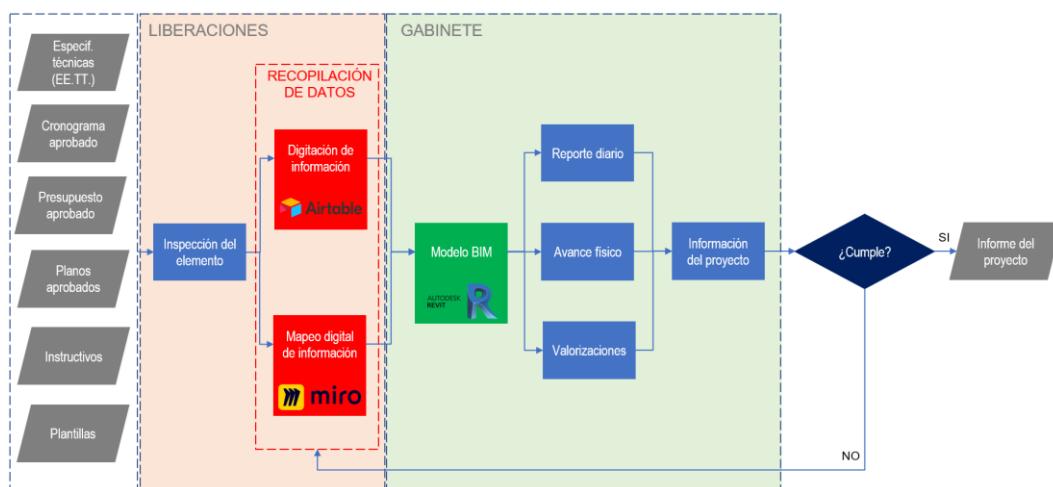


Figura N°32 Flujograma de la propuesta en el contexto de las liberaciones de la supervisión.  
Fuente: Elaboración propia

Entonces durante el evento de las liberaciones definidas por el programa de puntos de inspecciones, el supervisor contará con las tres herramientas de apoyo para respaldar toda evidencia de data importante utilizada para tener conocimiento del avance del proyecto y reconocer objetivamente los volúmenes de trabajo realizados por la contratista. Es importante mencionar que no se busca eliminar los protocolos de liberación, debido a que este documento físico oficial importante en el dossier de calidad, sin embargo, no resulta productivo utilizarlo para determinar las valorizaciones y los avances físicos.

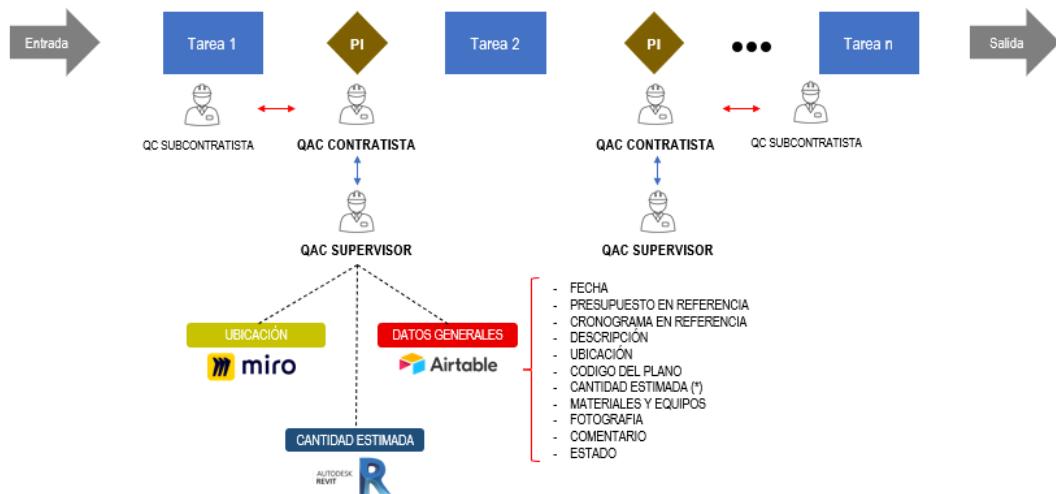


Figura N°33 Flujograma de una liberación mediante herramientas digitales.

Fuente: Elaboración propia

Las herramientas digitales de la propuesta se encuentran configuradas para establecer el orden adecuado para obtener las informaciones de interés para los supervisores, es así que durante las liberaciones se toman la data digitalizada en Airtable a partir de matrices de control por pestañas en base al presupuesto y a su vez son registradas visualmente en la ventana de Miro del elemento que corresponda en base al presupuesto sombreando mediante resaltadores digitales y cargando alguna observación mediante comentarios en la posición que corresponda. Estas herramientas digitales se caracterizan por hacer que la data cargada a sus respectivas plataformas sea lo más transparente hacia los usuarios que deseen conocer el proyecto.

### 3.4.3. Determinación de las valorizaciones y avance físico

La determinación de las valorizaciones se basa en el reconocimiento económico de los volúmenes trabajados y liberados por la supervisión en cada uno de los puntos de inspección del control de calidad del producto y/o servicio según la partida.

$$Valorización_i = \text{Metrado liberado}_i \times \text{Precio}_i$$

La determinación del avance físico se basa en el porcentaje de avance según el ID del cronograma, cada cronograma agrupa a diferentes partidas del presupuesto es por ello que se recurre a la homogenización de las partidas para el control del

avance físico se realiza mediante el monto económico total que agrupa cada ID según el cronograma.

$$Avance\ f\xedsico_{ID} = \sum_{i=1}^n \frac{\frac{Metrado\ liberado_i}{Metrado\ total_i} \times Precio\ Parcial_i}{Monto\ total\ seg\xf3n\ ID}$$

$n = Nro.\ de\ partidas\ asignadas\ para\ cada\ ID\ del\ cronograma$

Es importante considerar que el “**Metrado liberado**” para las valorizaciones son considerados bajo la conformidad del supervisor, es decir que será reconocido en su totalidad mientras no se encuentre sujeto a una no conformidad y/o falta de entregas según los puntos de inspecciones establecidos por partida.

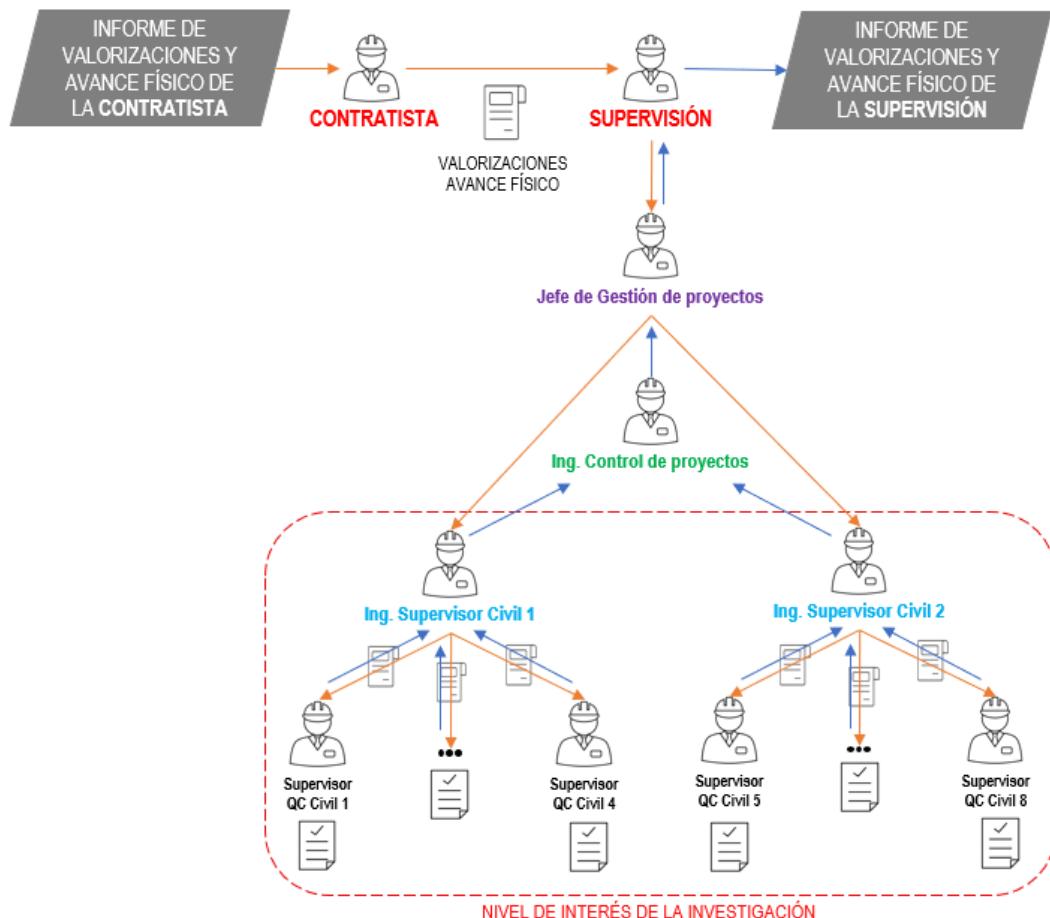


Figura N°34 Flujograma de la determinación de las valorizaciones y avance físico en el proyecto.  
Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

### 4.1 LÍNEA 2 DEL METRO DE LIMA Y CALLAO

El Proyecto consiste en la implementación de una línea de metro subterráneo en el eje Este – Oeste de la ciudad, de 27 km de longitud (Línea 2 de la Red Básica del Metro de Lima), y un ramal de 8 km correspondiente a la Av. Elmer Faucett desde la Av. Oscar Benavides (Colonial) hasta la Av. Néstor Gambetta (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, s.f.).

Conecta los distritos de Ate Vitarte, Santa Anita, San Luis, El Agustino, La Victoria, Breña, Jesús María, Cercado de Lima, San Miguel, La Perla, Bellavista, Carmen de la Legua, Cercado del Callao, en los cuales existen centros generadores de viajes, tales como centros de Servicios, de Salud, Educativos, Gubernamentales, Comerciales, Financieros, etc. que involucran a aproximadamente 2,4 millones de habitantes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, s.f.)

El proyecto de la “Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambeta del Metro de Lima y Callao”, según informó el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, costará alrededor de US\$3 mil millones en lo referente a obras civiles (construcción del túnel y las estaciones), además de otros US\$2 mil millones invertidos en material rodante y otros trabajos complementarios. En total, US\$5.658 millones (Redacción Gestión, 2014).

El Proyecto contempla según el MTC (s.f.):

- La Construcción de un total de 35 km de túnel subterráneo (27 km de la línea Este – Oeste y 8 km del tramo Av. Elmer Faucett – Av. Néstor Gambetta).
- La construcción de estaciones de pasajeros, las cuales serán construidas mediante el método Cut&Cover.
- La construcción e implementación de patios talleres.
- La implementación de la superestructura, el equipamiento electromecánico, sistemas ferroviarios y la alimentación eléctrica, necesarios para la operación del metro.
- La adquisición de material rodante.
- Las frecuencias previstas al inicio de la explotación serán de 3 minutos en hora punta y 4.5 minutos en hora valle.

- Se ha estimado una demanda aproximada de 600,000 pasajeros por día, al inicio de la operación.
- El Proyecto se interconectará con la Línea 1 del Metro de Lima, el Corredor Segregado de Alta Capacidad I – COSAC I o Metropolitano, la futura Línea 3 del Metro de Lima. La Operación y mantenimiento de la Línea 2 y del Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta.

Actualmente se cuenta con el funcionamiento de la Línea 1 y es una línea de Metro pesado que discurre en viaducto, mientras que la Línea 2 del Metro se encuentra en ejecución, siendo esta última Línea transversal a la Línea 1 (Amivtac Chiapas, 2021).



Figura N°35 Red básica del Metro de Lima y Callao.  
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú (s.f.)

La buena pro del proyecto fue otorgada a un conjunto de 6 empresas, este consorcio está conformado por la empresa peruana Cosapi, la empresa española Fomento de Construcciones y Contratas, el grupo Actividades de Construcción y Servicios (ACS) conformado por IRIDIUM desde la parte de concesión, DRAGADOS desde la parte operativa o constructora y la empresa italiana Salini Impregilo que ahora es Webuild (Amivtac Chiapas, 2021).

Las 4 primeras empresas mencionadas anteriormente asumen la obra civil, arquitectura e instalaciones electromecánicas, luego la empresa Ansaldo STS que ahora es Hitachi Rail HSTS asume los sistemas ferroviarios y la empresa AnsaldoBreda que ahora es Hitachi Rail Italy y está encargada de suministrar el material rodante (Amivtac Chiapas, 2021).



Figura N°36 Agrupación de la Sociedad Concesionaria Metro de Lima Línea 2.  
Fuente: Amivtac Chiapas (2021).

La Concesionaria Metro de Lima 2 S.A. que tiene un contrato de concesión suscrito con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) se apoya en su brazo técnico que es la Autoridad de Transporte Urbano (ATU), por otra parte participa el Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (OSITRAN) nombrado por la PCM que es la encargada de supervisar tanto en fase de diseño, construcción y operación del proyecto, luego es OSITRAN quien externaliza esta función al Consorcio Supervisor Internacional de la Línea 2 (CSIL2) para la supervisión de obra (Amivtac Chiapas, 2021).

Un interesado importante es la Municipalidad Metropolitana de Lima y Callao otorgando las autorizaciones de ejecución de obra y las autorizaciones de interferencia temporal de vías (Amivtac Chiapas, 2021).

Para el diseño y construcción del proyecto participa un consorcio EPC (Engineering, Procurement and Construction) que tiene un contrato llave en mano con la Concesionaria Metro de Lima 2 S.A., dicho Consorcio EPC es conformado

por el Consorcio Constructor Metro 2 de Lima, Hitachi STS y Hitachi Rail Italy (Amivtac Chiapas, 2021).

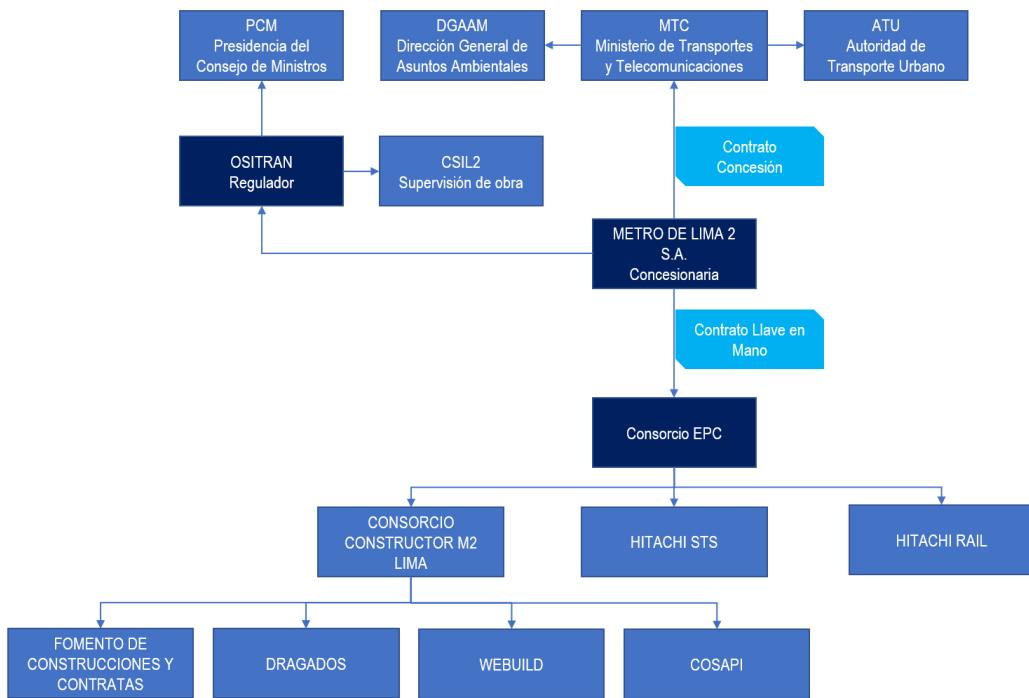


Figura N°37 Alineamiento Institucional de los Organismos involucrados en la Línea 2 del Metro de Lima y Callao.

Fuente: Amivtac Chiapas (2021).

El proyecto es una asociación público-privada bajo la modalidad concesión cofinanciada, es decir tanto el privado como el público se financian y la transferencia de riesgos es total, exceptuando el riesgo de la demanda, cuyo estudio fue realizado por el Estado Peruano, este último asume el riesgo de la entrega de los predios de las áreas de la concesión libres de cargas, gravámenes y todo tipo de interferencias, los demás riesgos lo asume la Concesionaria Metro de Lima 2 y esto es diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento (Amivtac Chiapas, 2021).

La infraestructura tiene una contribución cercana al 1% del PBI, genera muchos puestos de empleo, revaloriza los predios y los comercios que se ubican a cada lado del eje de la infraestructura o la llamada zona de influencia ferroviaria, el proyecto nace con el concepto de accesibilidad universal y contribuye por todas las características a la movilidad de la ciudad y la movilidad sobre todo sostenible ya que la alimentación de los trenes es eléctrica por lo tanto se considera energía limpia y tiene una emisión de 0% de gases contaminantes, tampoco se tiene

contaminación acústica y visual debido a que discurre subterráneo (Amivtac Chiapas, 2021).

El proyecto está conformado por 3 etapas, la primera etapa, la etapa 1A, que es un tramo de 5km con 5 estaciones y 6 pozos que se extiende entre las estaciones de Evitamiento y Mercado Santa Anita, esta nace con el Patio Taller Santa Anita y a cada lado de la etapa 1A discurre la etapa 1B desde la Municipalidad de Ate hasta el centro de Lima con la estación de Plaza Bolognesi lo cual conforma un total de 17 km y termina esta infraestructura la etapa 2 que hace que la Línea 2 este completa hasta puerto del Callao y alberga lo que es el ramal de Línea 4 (Amivtac Chiapas, 2021).

El proyecto contará con conexiones monomodales o intermodales, para la estación 28 de Julio tendrá una conexión monomodal con la Línea 1 que a día de hoy funciona, en la estación central con la futura Línea 3 y con un BRT que es el Metropolitano, luego en la estación San Marcos con la futura Línea 6, más adelante en Carmen de la Legua con la propia línea 4 (Amivtac Chiapas, 2021).



Figura N°38 Estaciones del proyecto Línea 2 y Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta del Metro de Lima y Callao.

Fuente: RPP Noticias (2016).

Las estructuras que conforman la Línea 2 son subterráneas y estas son: las estaciones, los pozos y los túneles. Todas las estaciones se construyen con el método *cut&cover* o método de Milán y la construcción de los túneles se reparte entre el método convencional de avance y destroza denominado Nuevo Método Austriaco de Construcción de Túneles (NATM) alrededor de 9km y el resto con el apoyo de 2 tuneladoras *Tunnel Boring Machine* (TBM) (Amivtac Chiapas, 2021).

#### 4.1.1 Estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima

Las estaciones son grandes cajones o trincheras que constan de niveles principales, el primero es el nivel del vestíbulo que es la zona donde se realiza la compra y venta del billetaje, el segundo en el nivel de los andenes que es la zona donde los usuarios toman la flota de trenes y también existe un mezzanine llamado prevestíbulo para posibilitar el tránsito bajo las vías principales de cualquier ciudadano que no hace falta que sea usuario del Metro (Amivtac Chiapas, 2021). A nivel de la vía, en uno de los extremos contienen accesos para salvar el desnivel entre la calle y el vestíbulo con escaleras fijas, mecánicas y elevadores a cada lado de las vías, al otro extremo de la estación se ubican dependencias técnicas donde podemos ver las salidas de emergencia, las ventilaciones, presurizaciones y ducto de materiales (Amivtac Chiapas, 2021).



Figura N°39 Vista del resultado final de la estación vista desde la vía.

Fuente: Cosapi (s.f.)

Respecto al método constructivo, las estaciones se realizan por un procedimiento estándar de *cut&cover* convencional, siendo el punto de “arranque” o de excavación, un hueco provisional de obra dejado en la losa de cubierta,

permitiendo la extracción de tierras. Los componentes que forman las estaciones son unos elementos estructurales externos denominadas pantallas, unos elementos estructurales internos denominadas pilas pilote que tienen su clava o empotramiento en el terreno natural, también cuenta con una losa de cubierta, losa de vestíbulo, losa de fondo y losa de andenes laterales (Amivtac Chiapas, 2021).



Figura N°40 Vista transversal de las estaciones del Metro.

Fuente: Cosapi (s.f.)

#### 4.1.1.1 Cronograma de la estación de estudio Plaza Manco Cápac

El cronograma del proyecto está constituido por el agrupamiento de las partidas del presupuesto del proyecto con un identificador ID, a su vez estas se reúnen en 4 grandes grupos:

- Nivel losa de cubierta
- Nivel losa de vestíbulo
- Nivel losa de fondo
- Estructuras secundarias

Las partidas del presupuesto se agrupan en base a los identificadores ID propuestos en el cronograma que permiten determinar el avance físico del proyecto, el avance físico se refiere al desarrollo de las metas de los productos a través de la ejecución de las obras, la adquisición de bienes y servicios para la generación de activos. (Ministerio de Economía y Finanzas Perú, 2021)

A continuación, se presenta el cronograma referencial del proyecto de una estación de la línea 2 del Metro de Lima con una duración de dieciocho meses.

Tabla N°11 Cronograma referencial de una estación del Metro.

Fuente: Elaboración propia

| ID                             | DESCRIPCIÓN  | MES |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------|--|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                |  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| <b>NIVEL LOSA DE CUBIERTA</b>  |  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A1                             | Pre excavación hasta plataforma de trabajo         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A2                             | Muro pantalla                                      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A3                             | Pila pilote  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A4                             | Excavación hasta cota inferior de losa de cubierta |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A5                             | Losa de cubierta                                   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A6                             | Relleno sobre cubierta                             |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| A7                             | Cierre de pases temporales en losa de cubierta     |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>NIVEL LOSA DE VESTÍBULO</b> |  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| B1                             | Excavación sobre losa de vestíbulo                 |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| B2                             | Losa de vestíbulo                                  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| B3                             | Cierre de pases temporales en losa de vestíbulo    |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>NIVEL LOSA DE FONDO</b>     |  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| C1                             | Excavación bajo losa de vestíbulo                  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| C2                             | Losa de fondo                                      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>ESTRUCTURAS SECUNDARIAS</b> |  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| D1                             | Escaleras accesos                                  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| D2                             | Escaleras salida emergencia                        |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| D3                             | Losa de prevestíbulo                               |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| D4                             | Losa de andén                                      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| D5                             | Muro de albañilería armada                         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

#### 4.1.1.2 Presupuesto de la estación de estudio Plaza Manco Cápac

El presupuesto del proyecto engloba a las actividades que permiten ejecutar la caja de la estación, estas actividades conforman el casco estructural del proyecto, cabe resaltar que el presupuesto se subdivide en dos grupos, las estructuras primarias que cuentan con gran representación económica de todo el proyecto y las estructuras secundarias como complemento para los accesos a los distintos niveles de la caja de la estación.

De acuerdo al Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (s.f.), las valorizaciones son cuantificaciones económicas del avance físico en la ejecución de la obra, realizada en un periodo determinado. La metodología que debe emplearse para elaborar o formular las valorizaciones, la cual depende del sistema de contratación mediante el cual se ejecuta la obra, luego corresponde al contratista y al supervisor o inspector, de forma conjunta, formular y valorizar el metrado ejecutado en obra.

A continuación, se presenta el presupuesto referencial del proyecto con un monto igual a los 18, 890, 567.15 dólares americanos.

Tabla Nº12 Presupuesto referencial de una estación del Metro.  
Fuente: Elaboración propia

| Ítems | Descripción                          | Parcial              |
|-------|--------------------------------------|----------------------|
| 1     | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.1   | <b>Estructuras primarias</b>         | <b>17,163,408.37</b> |
| 1.1.1 | Movimiento de tierras                | 2,369,281.43         |
| 1.1.2 | Muro pantalla                        | 7,533,146.56         |
| 1.1.3 | Losa de cubierta                     | 2,868,568.32         |
| 1.1.4 | Losa de vestíbulo                    | 1,531,162.66         |
| 1.1.5 | Losa de fondo                        | 864,628.82           |
| 1.1.6 | Pila pilote                          | 1,958,083.81         |
| 1.1.7 | Pozo de bombeo                       | 10,497.14            |
| 1.1.8 | Drenaje bajo losa                    | 28,039.63            |
| 1.2   | <b>Estructura secundaria</b>         | <b>1,727,158.78</b>  |
| 1.2.1 | Escaleras                            | 388,028.73           |
| 1.2.2 | Losa de andén                        | 255,779.91           |
| 1.2.3 | Muros                                | 788,623.93           |
| 1.2.4 | Ascensor                             | 77,031.73            |
| 1.2.5 | Losa prevestíbulo                    | 217,694.48           |

**4.1.1.2.1 Partida movimiento de tierras**

La partida “movimiento de tierras” comprende a toda actividad que involucra la remoción de los suelos desde su posición natural hasta su descarga en un botadero autorizado, incluye también el uso del propio suelo para rellenos.

Tabla Nº13 Subpartidas del movimiento de tierras.

Fuente: Elaboración propia

| Ítems        | Descripción                          | Und | Metrado    | Precio | Monto (\$)           |
|--------------|--------------------------------------|-----|------------|--------|----------------------|
| <b>1</b>     | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> |     |            |        | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.1          | Estructuras primarias                |     |            |        | 17,163,408.37        |
| <b>1.1.1</b> | <b>Movimiento de tierras</b>         |     |            |        | <b>2,369,281.43</b>  |
| 1.1.1.1      | Desbroce y limpieza del terreno      | m2  | 4,693.00   | 3.64   | 17,082.52            |
| 1.1.1.2      | Excavación a cielo abierto           | m3  | 16,295.96  | 2.22   | 36,177.03            |
| 1.1.1.3      | Excavación bajo losa de cubierta     | m3  | 30,110.30  | 7.67   | 230,946.00           |
| 1.1.1.4      | Excavación bajo losa de vestíbulo    | m3  | 34,634.60  | 16.15  | 559,348.79           |
| 1.1.1.5      | Transporte a vertedero de excavación | m3  | 103,373.34 | 12.58  | 1,300,436.62         |
| 1.1.1.6      | Descarga y depósito de excavación    | m3  | 103,373.34 | 1.51   | 156,093.74           |
| 1.1.1.7      | Relleno sobre losa de cubierta       | m3  | 9,250.90   | 7.48   | 69,196.73            |

**4.1.1.2.2 Partida muro pantalla**

La norma española UNE-EN 1538 define a los muros pantalla también llamados muros diafragma o muros Milán como aquellos muros compuestos por concreto armado o no armado es decir sin acero de refuerzo, moldeado en una zanja excavada en el suelo, este concreto es colocado en la zanja por bombeo a través de un tubo a partir de la técnica tremie o por otro sistema y en ciertos casos en seco, entonces la partida “pantallas” comprende a las estructuras verticales de concreto armado que forman la contención perimetral estanca de la caja de las estaciones (Asociación Española de Normalización, 2000).

Tabla Nº14 Subpartidas del muro pantalla.

Fuente: Elaboración propia

| Ítems        | Descripción                                   | Und | Metrado      | Precio | Monto (\$)           |
|--------------|---|-----|--------------|--------|----------------------|
| <b>1</b>     | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b>          |     |              |        | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.1          | Estructuras primarias                         |     |              |        | 17,163,408.37        |
| <b>1.1.2</b> | <b>Muro pantalla</b>                          |     |              |        | <b>7,533,146.56</b>  |
| 1.1.2.1      | Muro guía para pantalla                       | m   | 463.99       | 274.87 | 127,536.36           |
| 1.1.2.2      | Excavación de pantalla con cuchara            | m3  | 8,653.74     | 480.18 | 4,155,352.87         |
| 1.1.2.3      | Concreto en pantalla                          | m3  | 8,012.84     | 150.23 | 1,203,768.95         |
| 1.1.2.4      | Acero de refuerzo en pantalla                 | kg  | 1,224,904.74 | 1.59   | 1,947,598.54         |
| 1.1.2.5      | Regularización y limpieza de pantalla         | m2  | 5,645.94     | 6.15   | 34,722.53            |
| 1.1.2.6      | Corte de concreto de pantalla                 | m3  | 402.48       | 62.03  | 24,965.83            |
| 1.1.2.7      | Transporte a vertedero de concreto            | m3  | 996.37       | 8.95   | 8,917.51             |
| 1.1.2.8      | Descarga y depósito de concreto               | m3  | 996.37       | 1.66   | 1,653.97             |
| 1.1.2.9      | Sellado elastomérico entre junta de pantallas | m   | 183.53       | 156.00 | 28,630.00            |

**4.1.1.2.3 Partida losa de cubierta**

La partida “losa de cubierta” comprende a la estructura principal de concreto armado que forma la tapa superior de la estación soportada por las pilas pilote y los muros pantalla, sobre la losa de cubierta se reponen los suelos extraídos para la pavimentación y/o rehabilitación de la inserción urbana.

Tabla N°15 Subpartidas de losa de cubierta.

Fuente: Elaboración propia

| Ítems        | Descripción                          | Und | Metrado    | Precio | Monto (\$)           |
|--------------|--------------------------------------|-----|------------|--------|----------------------|
| <b>1</b>     | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> |     |            |        | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.1          | Estructuras primarias                |     |            |        | 17,163,408.37        |
| <b>1.1.3</b> | <b>Losa de Cubierta</b>              |     |            |        | <b>2,868,568.32</b>  |
| 1.1.3.1      | Descabezado de pantallas y pilotes   | m3  | 261.80     | 150.60 | 39,427.08            |
| 1.1.3.2      | Concreto en losa                     | m3  | 4,345.08   | 162.36 | 705,467.19           |
| 1.1.3.3      | Acero de refuerzo para losa          | kg  | 882,697.12 | 1.59   | 1,403,488.42         |
| 1.1.3.4      | Encofrado plano sobre el terreno     | m2  | 3,620.95   | 24.42  | 88,423.60            |
| 1.1.3.5      | Encofrado plano vertical             | m2  | 2,161.62   | 36.23  | 78,315.49            |
| 1.1.3.6      | Concreto en alzados                  | m3  | 159.99     | 146.66 | 23,464.13            |
| 1.1.3.7      | Forjado prefabricado en losa         | m2  | 593.25     | 486.43 | 288,574.60           |
| 1.1.3.8      | Lámina de impermeabilización en losa | m2  | 5,009.50   | 48.19  | 241,407.81           |

**4.1.1.2.4 Partida losa de vestíbulo**

La partida “losa de vestíbulo” comprende a la estructura principal de concreto armado a nivel intermedia anclada a los pilotes y pantallas, en la posición del nivel de vestíbulo se ubican zonas no técnicas como la boletería y/o áreas comerciales, zonas técnicas como el área de ventilación.

Tabla N°16 Subpartidas de losa de vestíbulo.

Fuente: Elaboración propia

| Ítems        | Descripción                           | Und | Metrado    | Precio | Monto (\$)           |
|--------------|---------------------------------------|-----|------------|--------|----------------------|
| <b>1</b>     | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b>  |     |            |        | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.1          | Estructuras primarias                 |     |            |        | 17,163,408.37        |
| <b>1.1.4</b> | <b>Losa de vestíbulo</b>              |     |            |        | <b>1,531,162.66</b>  |
| 1.1.4.1      | Picado superficial para unión de losa | m2  | 370.06     | 58.88  | 21,789.13            |
| 1.1.4.2      | Concreto en losa                      | m3  | 3,047.03   | 162.36 | 494,715.79           |
| 1.1.4.3      | Acero de refuerzo para losa           | kg  | 490,844.80 | 1.59   | 780,443.23           |
| 1.1.4.4      | Encofrado plano sobre el terreno      | m2  | 3,216.70   | 24.42  | 78,551.81            |
| 1.1.4.5      | Encofrado plano vertical              | m2  | 363.69     | 36.23  | 13,176.49            |
| 1.1.4.6      | Anclaje con barra de acero Ø1"        | und | 786.00     | 74.76  | 58,761.36            |
| 1.1.4.7      | Anclaje con barra de acero Ø1 3/8"    | und | 112.00     | 77.14  | 8,639.68             |
| 1.1.4.8      | Pasatubos de PVC en losa              | m   | 18.59      | 114.14 | 2,121.67             |
| 1.1.4.9      | Forjado Prefabricado en Losa          | m2  | 136.24     | 486.43 | 66,271.22            |
| 1.1.4.10     | Formación de cámara bufa              | m   | 298.23     | 22.44  | 6,692.28             |

**4.1.1.2.5 Partida losa de fondo**

La partida “losa de fondo” comprende a la estructura principal de concreto armado que limita la caja de la estación en su cota más baja, debido al proceso constructivo del túnel de la línea del Metro con TBM, la losa de fondo tiene una geometría de media luna para el paso de la maquinaria.

Las máquinas integrales para la excavación de túneles se conocen habitualmente por las siglas T.B.M. (Tunnel Boring Machine) y hacen referencia a una serie de máquinas capaces de excavar un túnel a sección completa, a la vez que se colabora en la colocación de un sostenimiento provisional o en la puesta en obra del revestimiento definitivo. Las máquinas integrales se clasifican en dos grandes grupos: topos y escudos, y ambos difieren de forma importante según el tipo de roca o suelo que sea necesario excavar, así como de las necesidades de sostenimiento o revestimiento que requiera cada tipo de terreno. (López et al., 2001)

Tabla N°17 Subpartidas de losa de fondo.  
Fuente: Elaboración propia.

| Ítems        | Descripción                           | Und | Metrado    | Precio | Monto (\$)           |
|--------------|---------------------------------------|-----|------------|--------|----------------------|
| <b>1</b>     | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b>  |     |            |        | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.1          | Estructuras primarias                 |     |            |        | 17,163,408.37        |
| <b>1.1.5</b> | <b>Losa de Fondo</b>                  |     |            |        | <b>864,628.82</b>    |
| 1.1.5.1      | Picado superficial para unión de losa | m2  | 148.14     | 58.88  | 8,722.39             |
| 1.1.5.2      | Concreto en losa                      | m3  | 2,684.70   | 151.66 | 407,161.60           |
| 1.1.5.3      | Acero de refuerzo para losa           | kg  | 166,451.40 | 1.59   | 264,657.73           |
| 1.1.5.4      | Concreto de nivelación y limpieza     | m3  | 90.00      | 74.76  | 6,728.40             |
| 1.1.5.5      | Sellado elastomérico entre junta      | m   | 185.05     | 54.43  | 10,072.00            |
| 1.1.5.6      | Arqueta                               | und | 19.00      | 455.38 | 8,652.22             |
| 1.1.5.7      | Acero estructural embebido en losa    | kg  | 30,133.17  | 5.07   | 152,775.17           |
| 1.1.5.8      | Formación de cámara bufa              | m   | 261.11     | 22.44  | 5,859.31             |

**4.1.1.2.6 Partida pila pilote**

La norma española UNE-EN 1536 define a los pilotes como un elemento estructural de cimentación esbelto ejecutado en el terreno para transferencia de acciones, los pilotes perforados como los del Metro son construidos con o sin auxilio de tubería, excavando un agujero en el terreno y rellenando posteriormente con hormigón en masa o armado es decir con acero de refuerzo, así que la partida “pila pilote” comprende a las estructuras principales de concreto armado repartidas en sentido longitudinal a la estación y forman parte de la cimentación de las estaciones (Asociación Española de Normalización, 2000).

Tabla N°18 Subpartidas de pila pilote.  
Fuente: Elaboración propia

| Ítems        | Descripción                            | Und | Metrado    | Precio   | Monto (\$)          |
|--------------|--|-----|------------|----------|---------------------|
| 1            | Caja de Estación – Obra Civil          |     |            |          | 18,890,567.15       |
| 1.1          | Estructuras primarias                  |     |            |          | 17,163,408.37       |
| <b>1.1.6</b> | <b>Pila pilote</b>                     |     |            |          | <b>1,958,083.81</b> |
| 1.1.6.1      | Acero de refuerzo para pila pilote     | kg  | 233,521.17 | 1.59     | 371,298.66          |
| 1.1.6.2      | Acero de camisa no recuperable         | kg  | 140,841.65 | 5.06     | 712,658.75          |
| 1.1.6.3      | Ensayo de integridad en pila pilote    | und | 18.00      | 75.00    | 1,350.00            |
| 1.1.6.4      | Tubo sónico de acero                   | m   | 2,196.05   | 12.75    | 27,999.61           |
| 1.1.6.5      | Excavación de pila pilote              | m3  | 588.22     | 909.14   | 534,774.33          |
| 1.1.6.6      | Concreto en pilote                     | m3  | 1,101.07   | 156.52   | 172,339.26          |
| 1.1.6.7      | Transporte a vertedero de excavaciones | m3  | 2,020.73   | 12.58    | 25,420.78           |
| 1.1.6.8      | Descarga y depósito de excavaciones    | m3  | 2,020.73   | 1.51     | 3,051.30            |
| 1.1.6.9      | Conector mecánico de Ø 1 3/8"          | und | 1,404.00   | 25.00    | 35,100.00           |
| 1.1.6.10     | Muro guía para pila pilote             | und | 18.00      | 1,159.14 | 20,864.52           |
| 1.1.6.11     | Anclaje con barra de acero Ø1 3/8"     | und | 690.00     | 77.14    | 53,226.60           |

#### 4.1.1.2.7 Partida pozo de bombeo

La partida “pozo de bombeo” comprende a la estructura de concreto armado que almacena las aguas grises de las estaciones.

Tabla N°19 Subpartidas del pozo de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia

| Ítems        | Descripción                            | Und | Metrado  | Precio | Monto (\$)       |
|--------------|--|-----|----------|--------|------------------|
| 1            | Caja de Estación – Obra Civil          |     |          |        | 18,890,567.15    |
| 1.1          | Estructuras primarias                  |     |          |        | 17,163,408.37    |
| <b>1.1.7</b> | <b>Pozo de Bombeo</b>                  |     |          |        | <b>10,497.14</b> |
| 1.1.7.1      | Excavación de pozo                     | m3  | 58.07    | 31.99  | 1,857.65         |
| 1.1.7.2      | Transporte a vertedero de excavaciones | m3  | 31.07    | 12.58  | 390.86           |
| 1.1.7.3      | Descarga y depósito de excavaciones    | m3  | 163.52   | 1.51   | 246.92           |
| 1.1.7.4      | Encofrado plano vertical               | m2  | 46.56    | 36.23  | 1,686.87         |
| 1.1.7.5      | Concreto en losa                       | m3  | 2.35     | 136.65 | 321.13           |
| 1.1.7.6      | Concreto en alzados                    | m3  | 13.97    | 146.66 | 2,048.84         |
| 1.1.7.7      | Acero de refuerzo para pozo            | kg  | 2,481.05 | 1.59   | 3,944.87         |

#### 4.1.1.2.8 Partida drenaje bajo losa

La partida “drenaje bajo losa” comprende al sistema de tuberías por donde discurren las aguas residuales en dirección al pozo de bombeo.

Tabla N°20 Subpartidas del drenaje bajo losa.  
Fuente: Elaboración propia

| Ítems   | Descripción                                | Und | Metrado | Precio   | Monto (\$)    |
|---------|--|-----|---------|----------|---------------|
| 1       | Caja de Estación – Obra Civil              |     |         |          | 18,890,567.15 |
| 1.1     | Estructuras primarias                      |     |         |          | 17,163,408.37 |
| 1.1.8   | Drenaje bajo losa                          |     |         |          | 28,039.63     |
| 1.1.8.1 | Tubería de drenaje enterrado               | m   | 319.10  | 34.87    | 11,127.15     |
| 1.1.8.2 | Zanja para colector de drenaje bajo solera | m   | 350.00  | 21.68    | 7,588.00      |
| 1.1.8.3 | Cama apoyo tubería                         | m3  | 245.87  | 25.36    | 6,235.15      |
| 1.1.8.4 | Sumidero Ø 4"                              | und | 18.00   | 64.56    | 1,162.08      |
| 1.1.8.5 | Prueba hidráulica                          | und | 1.00    | 1,927.25 | 1,927.25      |

#### 4.1.1.2.9 Partida escaleras

La partida “escaleras” comprende a las estructuras secundarias de concreto armado que permiten unir los desniveles entre las losas principales de las estaciones, estas escaleras se dividen en dos grupos, las escaleras de acceso a la estación y las escaleras de salidas de emergencia.

Tabla N°21 Subpartidas de las escaleras.  
Fuente: Elaboración propia

| Ítems   | Descripción                               | Und | Metrado   | Precio | Monto (\$)    |
|---------|---|-----|-----------|--------|---------------|
| 1       | Caja de Estación – Obra Civil             |     |           |        | 18,890,567.15 |
| 1.2     | Estructura secundaria                     |     |           |        | 1,727,158.78  |
| 1.2.1   | Escaleras                                 |     |           |        | 388,028.73    |
| 1.2.1.1 | Acero de refuerzo para escalera           | kg  | 44,736.45 | 1.59   | 71,130.96     |
| 1.2.1.2 | Encofrado plano vertical                  | m2  | 504.15    | 36.23  | 18,265.35     |
| 1.2.1.3 | Concreto en alzados y losas inclinadas    | m3  | 302.59    | 146.66 | 44,377.85     |
| 1.2.1.4 | Encofrado plano en losa inclinada         | m2  | 858.55    | 51.61  | 44,309.77     |
| 1.2.1.5 | Cimbra para encofrados                    | m3  | 3,445.20  | 41.72  | 143,733.74    |
| 1.2.1.6 | Picado superficial para unión de losa     | m2  | 78.02     | 58.88  | 4,593.82      |
| 1.2.1.7 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1/2" | und | 489.00    | 73.04  | 35,716.56     |
| 1.2.1.8 | Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4" | und | 268.00    | 73.77  | 19,770.36     |
| 1.2.1.9 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1"   | und | 82.00     | 74.76  | 6,130.32      |

#### 4.1.1.2.10 Partida losa de andén

La partida “losa de andén” comprende a la estructura secundaria de concreto armado posicionada sobre la losa de fondo y apoyada por muros de albañilería armada, además los andenes son los niveles donde los usuarios del metro toman el servicio de los trenes.

Tabla N°22 Subpartidas de la losa de andén.  
Fuente: Elaboración propia

| Items   | Descripción                             | Und | Metrado   | Precio | Monto (\$)           |
|---------|---|-----|-----------|--------|----------------------|
| 1       | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b>    |     |           |        | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.2     | Estructura secundaria                   |     |           |        | 1,727,158.78         |
| 1.2.2   | <b>Losa de andén</b>                    |     |           |        | <b>255,779.91</b>    |
| 1.2.2.1 | Chapa nervada de acero                  | m2  | 2,312.80  | 13.75  | 31,801.00            |
| 1.2.2.2 | Concreto en losa                        | m3  | 531.94    | 151.66 | 80,674.02            |
| 1.2.2.3 | Acero de refuerzo para losa             | kg  | 54,258.29 | 1.59   | 86,270.68            |
| 1.2.2.4 | Encofrado plano vertical                | m2  | 538.54    | 36.23  | 19,511.26            |
| 1.2.2.5 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1" | und | 474.00    | 74.76  | 35,436.24            |
| 1.2.2.6 | Picado superficial para unión de losa   | m2  | 35.44     | 58.88  | 2,086.71             |

#### 4.1.1.2.11 Partida albañilería

La norma técnica peruana E.070 define a la albañilería armada como aquella albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada a partir del uso de concreto líquido, a los muros de albañilería armada también se les denomina muros armados (SENCICO, 2020). Así que la partida “albañilería” comprende a las estructuras de albañilería armada que conforman los ambientes de las estaciones del Metro.

Tabla N°23 Subpartidas de la albañilería.  
Fuente: Elaboración propia

| Items   | Descripción                               | Und | Metrado  | Precio | Monto (\$)           |
|---------|---|-----|----------|--------|----------------------|
| 1       | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b>      |     |          |        | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.2     | Estructura secundaria                     |     |          |        | 1,727,158.78         |
| 1.2.3   | <b>Albañilería</b>                        |     |          |        | <b>788,623.93</b>    |
| 1.2.3.1 | Albañilería armada                        | m2  | 5,431.00 | 42.93  | 233,152.83           |
| 1.2.3.2 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1/2" | und | 2,443.00 | 73.04  | 178,436.72           |
| 1.2.3.3 | Anclaje con barra de acero y resina Ø5/8" | und | 4,252.00 | 73.37  | 311,969.24           |
| 1.2.3.4 | Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4" | und | 882.00   | 73.77  | 65,065.14            |

#### 4.1.1.2.12 Partida ascensor

La partida “ascensor” comprende a las estructuras secundarias de concreto armado que se forman a partir de cajones y sirven de accesos hacia las estaciones del Metro.

Tabla N°24 Subpartidas de los ascensores.  
Fuente: Elaboración propia

| Items   | Descripción                               | Und | Metrado  | Precio | Monto (\$)           |
|---------|---|-----|----------|--------|----------------------|
| 1       | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b>      |     |          |        | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.2     | Estructura secundaria                     |     |          |        | 1,727,158.78         |
| 1.2.4   | <b>Ascensor</b>                           |     |          |        | <b>77,031.73</b>     |
| 1.2.4.1 | Acero de refuerzo para muro               | kg  | 4,933.32 | 1.59   | 7,843.98             |
| 1.2.4.2 | Encofrado plano vertical                  | m2  | 1,175.17 | 36.23  | 42,576.54            |
| 1.2.4.3 | Anclaje con barra de acero y resina Ø5/8" | und | 272.00   | 73.37  | 19,956.64            |
| 1.2.4.4 | Concreto en muro                          | m3  | 43.88    | 151.66 | 6,654.57             |

**4.1.1.2.13 Partida losa de prevestíbulo**

La partida “losa de prevestíbulo” comprende la construcción de un mezanine que es una estructura secundaria de concreto armado formada entre los niveles de cubierta y vestíbulo, sujetada a partir de tirantes de cuelgue y permite el paso de transeúntes debajo de la vía principal donde se posicionan las estaciones.

Tabla N°25 Subpartidas de la losa de prevestíbulo.

Fuente: Elaboración propia

| Ítems        | Descripción                          | Und | Metrado   | Precio | Monto (\$)           |
|--------------|--------------------------------------|-----|-----------|--------|----------------------|
| <b>1</b>     | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> |     |           |        | <b>18,890,567.15</b> |
| 1.2          | Estructura secundaria                |     |           |        | 1,727,158.78         |
| <b>1.2.5</b> | <b>Losa de prevestíbulo</b>          |     |           |        | <b>217,694.48</b>    |
| 1.2.5.1      | Concreto en losa                     | m3  | 208.13    | 151.66 | 31,565.00            |
| 1.2.5.2      | Acero de refuerzo para losa          | kg  | 28,900.93 | 1.59   | 45,952.48            |
| 1.2.5.3      | Encofrado para forjados              | m2  | 693.77    | 53.23  | 36,929.38            |
| 1.2.5.4      | Encofrado plano vertical             | m2  | 50.18     | 36.23  | 1,818.02             |
| 1.2.5.5      | Cimbra para encofrados               | m3  | 2,324.13  | 41.72  | 96,962.70            |
| 1.2.5.6      | Formación de cámara bufa             | m   | 199.06    | 22.44  | 4,466.90             |

**4.1.1.3 Agrupación de partidas del presupuesto según el cronograma del proyecto**

A continuación, las partidas del presupuesto de la estación se agrupan en cada identificador ID del cronograma y así poder determinar y controlar el avance físico del proyecto, estas se dividen en:

- Nivel Losa de cubierta
- Nivel Losa de vestíbulo
- Nivel Losa de fondo
- Estructuras secundarias

El “Nivel losa de cubierta” agrupa a la pre excavación hasta alcanzar la cota de trabajo, los muros pantalla, las pilas pilote, la excavación hasta la cota inferior de la losa de cubierta, la propia losa de cubierta, el relleno sobre la losa de cubierta y el cierre de pases temporales. Cabe resaltar que solo el 20% de las partidas de “Transporte a vertedero de excavación” y “Descarga y depósito de excavación” están asignadas en el ID: “Excavación hasta cota inferior de losa de cubierta”.

Tabla N°26 Agrupación de partidas para el nivel de losa de cubierta.

Fuente: Elaboración propia

| CRONOGRAMA             |  | PRESUPUESTO |          |  |     |              |          |              |               |
|------------------------|--|-------------|----------|--|-----|--------------|----------|--------------|---------------|
| ID                     | DESCRIPCIÓN  | %           | ITEM     | DESCRIPCION                            | UND | METRADO      | PRECIO   | PARCIAL      | TOTAL         |
| NIVEL LOSA DE CUBIERTA |  |             |          |  |     |              |          |              | 12,689,286.29 |
| A1                     | Pre excavación hasta plataforma de trabajo         | 100%        | 1.1.1.1  | Desbroce y limpieza del terreno        | m2  | 4,693.00     | 3.64     | 17,082.52    | 17,082.52     |
| A2                     | Muro pantalla                                      | 100%        | 1.1.2.1  | Muro guía para pantalla                | m   | 463.99       | 274.87   | 127,536.11   | 7,434,255.84  |
|                        |  | 100%        | 1.1.2.2  | Excavación de pantalla con cuchara     | m3  | 8,653.74     | 480.18   | 4,155,352.39 |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.2.3  | Concreto en pantalla                   | m3  | 8,012.84     | 150.23   | 1,203,768.80 |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.2.4  | Acero de refuerzo en pantalla          | kg  | 1,224,904.74 | 1.59     | 1,947,598.54 |               |
| A3                     | Pila pilote  | 100%        | 1.1.6.1  | Acero de refuerzo para pila pilote     | kg  | 233,521.17   | 1.59     | 371,298.66   | 1,904,856.18  |
|                        |  | 100%        | 1.1.6.2  | Acero de camisa no recuperable         | kg  | 140,841.65   | 5.06     | 712,658.75   |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.6.3  | Ensayo de integridad en pila pilote    | und | 18.00        | 75.00    | 1,350.00     |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.6.4  | Tubo sónico de acero                   | m   | 2,196.05     | 12.75    | 27,999.60    |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.6.5  | Excavación de pila pilote              | m3  | 588.22       | 909.14   | 534,773.42   |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.6.6  | Concreto en pilote                     | m3  | 1,101.07     | 156.52   | 172,339.16   |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.6.7  | Transporte a vertedero de excavaciones | m3  | 2,020.73     | 12.58    | 25,420.77    |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.6.8  | Descarga y depósito de excavaciones    | m3  | 2,020.73     | 1.51     | 3,051.30     |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.6.9  | Conector mecánico de Ø 1 3/8"          | und | 1,404.00     | 25.00    | 35,100.00    |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.6.10 | Muro guía para pila pilote             | und | 18.00        | 1,159.14 | 20,864.52    |               |
| A4                     | Excavación hasta cota inferior de losa de cubierta | 100%        | 1.1.1.2  | Excavación a cielo abierto             | m3  | 16,295.96    | 2.22     | 36,177.03    | 329,056.15    |
|                        |  | 20%         | 1.1.1.5  | Transporte a vertedero de excavación   | m3  | 20,786.31    | 12.58    | 261,491.79   |               |
|                        |  | 20%         | 1.1.1.6  | Descarga y depósito de excavación      | m3  | 20,786.31    | 1.51     | 31,387.33    |               |
| A5                     | Losa de cubierta                                   | 100%        | 1.1.3.1  | Descabezado de pantallas y pilotes     | m3  | 261.80       | 150.60   | 39,427.08    | 2,338,585.73  |
|                        |  | 100%        | 1.1.3.2  | Concreto en losa                       | m3  | 4,345.08     | 162.36   | 705,467.19   |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.3.3  | Acero de refuerzo para losa            | kg  | 882,697.12   | 1.59     | 1,403,488.42 |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.3.4  | Encofrado plano sobre el terreno       | m2  | 3,620.95     | 24.42    | 88,423.60    |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.3.5  | Encofrado plano vertical               | m2  | 2,161.62     | 36.23    | 78,315.46    |               |
|                        |  | 100%        | 1.1.3.6  | Concreto en alzados                    | m3  | 159.99       | 146.66   | 23,463.99    |               |
| A6                     | Relleno sobre cubierta                             | 100%        | 1.1.1.7  | Relleno sobre losa de cubierta         | m3  | 9,250.90     | 7.48     | 69,196.72    | 310,604.53    |
|                        |  | 100%        | 1.1.3.8  | Lámina de impermeabilización en losa   | m2  | 5,009.50     | 48.19    | 241,407.81   |               |
| A7                     | Cierre de pases temporales en losa de cubierta     | 100%        | 1.1.3.7  | Forjado prefabricado en losa           | m2  | 593.25       | 486.43   | 288,574.60   | 288,574.60    |

El “Nivel losa de vestíbulo” agrupa a la excavación sobre losa de vestíbulo, la propia losa de vestíbulo y el cierre de pases temporales. Cabe resaltar que solo el 37% de las partidas de “Transporte a vertedero de excavación” y “Descarga y depósito de excavación” están asignadas en el ID: “Excavación sobre losa de vestíbulo”, también dentro de este último ID se considera el 50% de la partida “Regularización y limpieza de pantalla”. En el ID: “Losa de vestíbulo” se considera el 50% de la partida “Sellado elastomérico entre junta de pantallas”

Tabla N°27 Agrupación de partidas para el nivel de losa de vestíbulo.

Fuente: Elaboración propia

| CRONOGRAMA              |   | PRESUPUESTO |          |   |     |            |        |            |              |
|-------------------------|---|-------------|----------|---|-----|------------|--------|------------|--------------|
| ID                      | DESCRIPCIÓN                                     | %           | ITEM     | DESCRIPCION                                   | UND | METRADO    | PRECIO | PARCIAL    | TOTAL        |
| NIVEL LOSA DE VESTÍBULO |   |             |          |   |     |            |        |            |              |
| B1                      | Excavación sobre losa de vestíbulo              | 100%        | 1.1.1.3  | Excavación bajo losa de cubierta              | m3  | 30,110.30  | 7.67   | 230,945.99 | 789,478.20   |
|                         |   | 37%         | 1.1.1.5  | Transporte a vertedero de excavación          | m3  | 38,408.16  | 12.58  | 483,174.62 |              |
|                         |   | 37%         | 1.1.1.6  | Descarga y depósito de excavación             | m3  | 38,408.16  | 1.51   | 57,996.32  |              |
|                         |   | 50%         | 1.1.2.5  | Regularización y limpieza de pantalla         | m2  | 2,822.97   | 6.15   | 17,361.26  |              |
| B2                      |   |             |          |   |     |            |        |            |              |
| B2                      | Losa de vestíbulo                               | 50%         | 1.1.2.9  | Sellado elastomérico entre junta de pantallas | m   | 91.76      | 156.00 | 14,314.95  | 1,567,969.94 |
|                         |   | 100%        | 1.1.4.1  | Picado superficial para unión de losa         | m2  | 370.06     | 58.88  | 21,789.07  |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.4.2  | Concreto en losa                              | m3  | 3,047.03   | 162.36 | 494,715.63 |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.4.3  | Acero de refuerzo para losa                   | kg  | 490,844.80 | 1.59   | 780,443.23 |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.4.4  | Encofrado plano sobre el terreno              | m2  | 3,216.70   | 24.42  | 78,551.79  |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.4.5  | Encofrado plano vertical                      | m2  | 363.69     | 36.23  | 13,176.49  |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.4.6  | Anclaje con barra de acero Ø1"                | und | 786.00     | 74.76  | 58,761.36  |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.4.7  | Anclaje con barra de acero Ø1 3/8"            | und | 112.00     | 77.14  | 8,639.68   |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.4.8  | Pasatubos de PVC en losa                      | m   | 18.59      | 114.14 | 2,121.63   |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.4.10 | Formación de cámara bufa                      | m   | 298.23     | 22.44  | 6,692.26   |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.6.11 | Anclaje con barra de acero Ø1 3/8"            | und | 690.00     | 77.14  | 53,226.60  |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.2.6  | Corte de concreto de pantalla                 | m3  | 402.48     | 62.03  | 24,965.77  |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.2.7  | Transporte a vertedero de concreto            | m3  | 996.37     | 8.95   | 8,917.50   |              |
|                         |   | 100%        | 1.1.2.8  | Descarga y depósito de concreto               | m3  | 996.37     | 1.66   | 1,653.97   |              |
| B3                      | Cierre de pases temporales en losa de vestíbulo | 100%        | 1.1.4.9  | Forjado Prefabricado en Losa                  | m2  | 136.24     | 486.43 | 66,270.74  | 66,270.74    |

El “Nivel losa de fondo” agrupa a la excavación bajo losa de vestíbulo y a la propia losa de fondo. Cabe resaltar que solo el 43% de las partidas de “Transporte a vertedero de excavación” y “Descarga y depósito de excavación” están asignadas en el ID: “Excavación bajo losa de vestíbulo hasta fondo de losa de fondo”, también dentro de este último ID se considera el 50% de la partida “Regularización y limpieza de pantalla”. En el ID: “Losa de fondo” se considera el 50% de la partida “Sellado elastomérico entre junta de pantallas”

Tabla N°28 Agrupación de partidas para el nivel de losa de fondo.

Fuente: Elaboración propia

| CRONOGRAMA          |   | PRESUPUESTO |         |   |     |            |          |            |              |
|---------------------|---|-------------|---------|---|-----|------------|----------|------------|--------------|
| ID                  | DESCRIPCIÓN   | %           | ITEM    | DESCRIPCIÓN                                   | UND | METRADO    | PRECIO   | PARCIAL    | TOTAL        |
| NIVEL LOSA DE FONDO |   |             |         |   |     |            |          |            | 2,099,350.00 |
| C1                  | Excavación bajo losa de vestíbulo hasta losa de fondo | 100%        | 1.1.1.4 | Excavación bajo losa de vestíbulo             | m3  | 34,634.60  | 16.15    | 559,348.79 | 1,181,869.86 |
|                     |   | 43%         | 1.1.1.5 | Transporte a vertedero de excavación          | m3  | 44,181.77  | 12.58    | 555,806.61 |              |
|                     |   | 43%         | 1.1.1.6 | Descarga y depósito de excavación             | m3  | 44,181.76  | 1.51     | 66,714.46  |              |
|                     |   | 50%         | 1.1.2.5 | Regularización y limpieza de pantalla         | m2  | 2,822.97   | 6.15     | 17,361.26  |              |
| C2                  | Losa de fondo   | 50%         | 1.1.2.9 | Sellado elastomérico entre junta de pantallas | m   | 91.76      | 156.00   | 14,314.95  | 917,480.13   |
|                     |   | 100%        | 1.1.5.1 | Picado superficial para unión de losa         | m2  | 148.14     | 58.88    | 8,722.37   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.5.2 | Concreto en losa                              | m3  | 2,684.70   | 151.66   | 407,161.45 |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.5.3 | Acerro de refuerzo para losa                  | kg  | 166,451.40 | 1.59     | 264,657.73 |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.5.4 | Concreto de limpieza y nivelación             | m3  | 90.00      | 74.76    | 6,728.40   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.5.5 | Sellado elastomérico entre junta              | m   | 185.05     | 54.43    | 10,072.00  |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.5.6 | Arqueta                                       | und | 19.00      | 455.38   | 8,652.22   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.5.7 | Acerro estructural embebido en losa           | kg  | 30,133.17  | 5.07     | 152,775.17 |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.5.8 | Formación de cámara bufa                      | m   | 261.11     | 22.44    | 5,859.31   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.7.1 | Excavación de pozo                            | m3  | 58.07      | 31.99    | 1,857.63   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.7.2 | Transporte a vertedero de excavaciones        | m3  | 31.07      | 12.58    | 390.85     |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.7.3 | Descarga y depósito de excavaciones           | m3  | 163.52     | 1.51     | 246.92     |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.7.4 | Encofrado plano vertical                      | m2  | 46.56      | 36.23    | 1,686.87   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.7.5 | Concreto en losa                              | m3  | 2.35       | 136.65   | 321.13     |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.7.6 | Concreto en alzados                           | m3  | 13.97      | 146.66   | 2,048.69   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.7.7 | Acerro de refuerzo para pozo                  | kg  | 2,481.05   | 1.59     | 3,944.87   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.8.1 | Tubería de drenaje enterrado                  | m   | 319.10     | 34.87    | 11,127.12  |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.8.2 | Zanja para colector de drenaje bajo solera    | m   | 350.00     | 21.68    | 7,588.00   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.8.3 | Cama apoyo tubería                            | m3  | 245.87     | 25.36    | 6,235.14   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.8.4 | Sumidero Ø 4"                                 | und | 18.00      | 64.56    | 1,162.08   |              |
|                     |   | 100%        | 1.1.8.5 | Prueba hidráulica                             | und | 1.00       | 1,927.25 | 1,927.25   |              |

Por último, las estructuras secundarias agrupan a las escaleras de acceso, escaleras de emergencia, ascensores, losa de prevestíbulo, losa de andén y los muros de albañilería armada. Cabe resaltar que las partidas de la escalera están repartidas equitativamente entre las escaleras de acceso y las escaleras de emergencia.

Estas estructuras eran desarrolladas a medida que la contratista superaba las restricciones y podía desarrollar frente de trabajos para estas actividades, tales son los casos de los accesos a partir de la losa de cubierta hasta el prevestíbulo, el prevestíbulo a partir de la losa de prevestibulo, la losa de andén a partir de la losa de fondo.

Tabla N°29 Agrupación de partidas para las estructuras secundarias.  
Fuente: Elaboración propia

| CRONOGRAMA              |                             | PRESUPUESTO |         |   |     |           |        |            |              |
|-------------------------|-----------------------------|-------------|---------|---|-----|-----------|--------|------------|--------------|
| ID                      | DESCRIPCIÓN                 | %           | ITEM    | DESCRIPCION                               | UND | METRADO   | PRECIO | PARCIAL    | TOTAL        |
| ESTRUCTURAS SECUNDARIAS |                             |             |         |   |     |           |        |            | 1,727,158.37 |
| D1                      | Escaleras accesos           | 50%         | 1.2.1.1 | Acero de refuerzo para escalera           | kg  | 22,368.23 | 1.59   | 35,565.48  | 194,014.33   |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.2 | Encofrado plano vertical                  | m2  | 252.07    | 36.23  | 9,132.66   |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.3 | Concreto en alzados y losas inclinadas    | m3  | 151.30    | 146.66 | 22,188.92  |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.4 | Encofrado plano en losa inclinada         | m2  | 429.28    | 51.61  | 22,154.88  |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.5 | Cimbra para encofrados                    | m3  | 1,722.60  | 41.72  | 71,866.85  |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.6 | Picado superficial para unión de losa     | m2  | 39.01     | 58.88  | 2,296.91   |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.7 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1/2" | und | 244.50    | 73.04  | 17,858.28  |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.8 | Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4" | und | 134.00    | 73.77  | 9,885.18   |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.9 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1"   | und | 41.00     | 74.76  | 3,065.16   |              |
| D2                      | Escaleras salida emergencia | 50%         | 1.2.1.1 | Acero de refuerzo para escalera           | kg  | 22,368.23 | 1.59   | 35,565.48  | 194,014.33   |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.2 | Encofrado plano vertical                  | m2  | 252.07    | 36.23  | 9,132.66   |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.3 | Concreto en alzados y losas inclinadas    | m3  | 151.30    | 146.66 | 22,188.92  |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.4 | Encofrado plano en losa inclinada         | m2  | 429.28    | 51.61  | 22,154.88  |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.5 | Cimbra para encofrados                    | m3  | 1,722.60  | 41.72  | 71,866.85  |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.6 | Picado superficial para unión de losa     | m2  | 39.01     | 58.88  | 2,296.91   |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.7 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1/2" | und | 244.50    | 73.04  | 17,858.28  |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.8 | Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4" | und | 134.00    | 73.77  | 9,885.18   |              |
|                         |                             | 50%         | 1.2.1.9 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1"   | und | 41.00     | 74.76  | 3,065.16   |              |
| D3                      | Ascensores                  | 100%        | 1.2.4.1 | Acero de refuerzo para muro               | kg  | 4,933.32  | 1.59   | 7,843.98   | 77,031.67    |
|                         |                             | 100%        | 1.2.4.2 | Encofrado plano vertical                  | m2  | 1,175.17  | 36.23  | 42,576.52  |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.4.3 | Anclaje con barra de acero y resina Ø5/8" | und | 272.00    | 73.37  | 19,956.64  |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.4.4 | Concreto en muro                          | m3  | 43.88     | 151.66 | 6,654.54   |              |
| D4                      | Losa de prevestíbulo        | 100%        | 1.2.5.1 | Concreto en losa                          | m3  | 208.13    | 151.66 | 31,565.00  | 217,694.39   |
|                         |                             | 100%        | 1.2.5.2 | Acero de refuerzo para losa               | kg  | 28,900.93 | 1.59   | 45,952.48  |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.5.3 | Encofrado para forjados                   | m2  | 693.77    | 53.23  | 36,929.38  |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.5.4 | Encofrado plano vertical                  | m2  | 50.18     | 36.23  | 1,817.99   |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.5.5 | Cimbra para encofrados                    | m3  | 2,324.13  | 41.72  | 96,962.66  |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.5.6 | Formación de cámara bufa                  | m   | 199.06    | 22.44  | 4,466.88   |              |
| D5                      | Losa de andén               | 100%        | 1.2.2.1 | Chapa nervada de acero                    | m2  | 2,312.80  | 13.75  | 31,801.00  | 255,779.73   |
|                         |                             | 100%        | 1.2.2.2 | Concreto en losa                          | m3  | 531.94    | 151.66 | 80,673.87  |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.2.3 | Acero de refuerzo para losa               | kg  | 54,258.29 | 1.59   | 86,270.68  |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.2.4 | Encofrado plano vertical                  | m2  | 538.54    | 36.23  | 19,511.23  |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.2.5 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1"   | und | 474.00    | 74.76  | 35,436.24  |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.2.6 | Picado superficial para unión de losa     | m2  | 35.44     | 58.88  | 2,086.71   |              |
| D6                      | Muro de albañilería armada  | 100%        | 1.2.3.1 | Albañilería armada                        | m2  | 5,431.00  | 42.93  | 233,152.83 | 788,623.93   |
|                         |                             | 100%        | 1.2.3.2 | Anclaje con barra de acero y resina Ø1/2" | und | 2443      | 73.04  | 178,436.72 |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.3.3 | Anclaje con barra de acero y resina Ø5/8" | und | 4252      | 73.37  | 311,969.24 |              |
|                         |                             | 100%        | 1.2.3.4 | Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4" | und | 882       | 73.77  | 65,065.14  |              |

## CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN EN EL PROYECTO (CASO DE ESTUDIO: ESTACIÓN N°14 MANCO CÁPAC)

### 5.1. CONTROL DE CALIDAD Y RECOPILACIÓN DE DATOS SEGÚN LAS PARTIDAS DEL PRESUPUESTO

Cada partida que conforma la estación tiene un proceso según los trenes de trabajo establecidos por los procedimientos de trabajos aprobados, es así que el supervisor tiene conocimiento de las múltiples decisiones que incluyen ensayos, aceptación de productos y/o equipos, etc., que a medida que se desarrolla dicho proceso se registran oportunamente en las herramientas digitales de la propuesta hasta llegar al resultado final de salida que es el producto liberado.

A continuación, se presentan las representaciones que tienen los diagramas dentro de los procesos constructivos en las estaciones.

Tabla N°30 Figuras de representación en el flujo de los procesos para la ejecución de las estaciones del Metro.

Fuente: Elaboración propia

| Representación | Figura           | Descripción   |
|----------------|------------------|---|
| Inicio / Fin   | Paralelogramo    | Información de entrada o salida utilizado durante el proceso de la partida correspondiente. |
| Actividad      | Rectángulo azul  | Tarea asociada al proceso de la partida correspondiente.                                    |
| Actividad      | Rectángulo negro | Tarea asociada al proceso, pero ajena a la partida correspondiente                          |
| Actividad      | Rectángulo rojo  | Tarea adicional propuesta asociada al proceso de la partida correspondiente.                |
| Decisión       | Rombo            | Decisión de aceptar o rechazar el resultado de una tarea.                                   |

A continuación, se describen los principales elementos supervisados de las estaciones, presentando el ciclo de liberación de la que es partícipe la supervisión.

### 5.1.1. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras es una partida muy significativa en términos económicos debido al gran volumen de material que se tiene en las cajas de las estaciones, la partida inicia con el desbroce y limpieza total del terreno donde se emplaza la caja de la estación donde las especies arbóreas se trasladan a viveros certificados y las demoliciones generales que se encuentren en el sitio. La excavación masiva a cielo abierto se realiza hasta alcanzar el nivel de la primera losa también llamada losa de cubierta, es importante mencionar que el terreno donde se emplazan las estaciones se encuentra libre de instalaciones operativas que han sido reubicadas previo a la ejecución de estos trabajos.



Figura N°41 Proceso constructivo de la partida movimiento de tierras (1-2).  
Fuente: Elaboración propia

Luego de ejecutar la losa de cubierta se realiza la verificación de la resistencia a la compresión apropiada de la losa previo al descalce y continuar con la excavación masiva, esta vez bajo la losa de cubierta hasta alcanzar el nivel de la segunda losa a ejecutar denominada losa de vestíbulo, nuevamente se realiza la verificación de la resistencia a la compresión del concreto de la losa antes de excavar bajo la losa de vestíbulo hasta alcanzar el nivel de la losa de fondo, cabe mencionar que todo el material que es extraído de la estaciones se trasladan y depositan en botaderos certificados, también se destina un volumen de tierras para el cuerpo del relleno a compactar sobre la caja de la estación luego de desarrollar la impermeabilización superior de la estación.



Figura N°42 Proceso constructivo de la partida movimiento de tierras (3-4).

Fuente: Elaboración propia

El último trabajo de esta partida es ejecutar el relleno sobre la losa de cubierta, para comenzar con este proceso la losa se debe encontrar impermeabilizada, el material utilizado proviene de la propia excavación masiva y se controla el tamaño de las partículas que la conforman. Una vez tratado el material que se utiliza para conformar el cuerpo del relleno sobre la losa de cubierta se realiza un tramo de prueba para determinar los ciclos de compactación a realizar por capas hasta alcanzar la densidad requerida, el valor de la densidad es determinada por el ensayo de reemplazo por agua cuyo valor es contrastado con lo obtenido en el ensayo del Proctor modificado del suelo utilizado.



Figura N°43 Proceso constructivo de la partida movimiento de tierras (5).

Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “movimiento de tierras”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual está representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

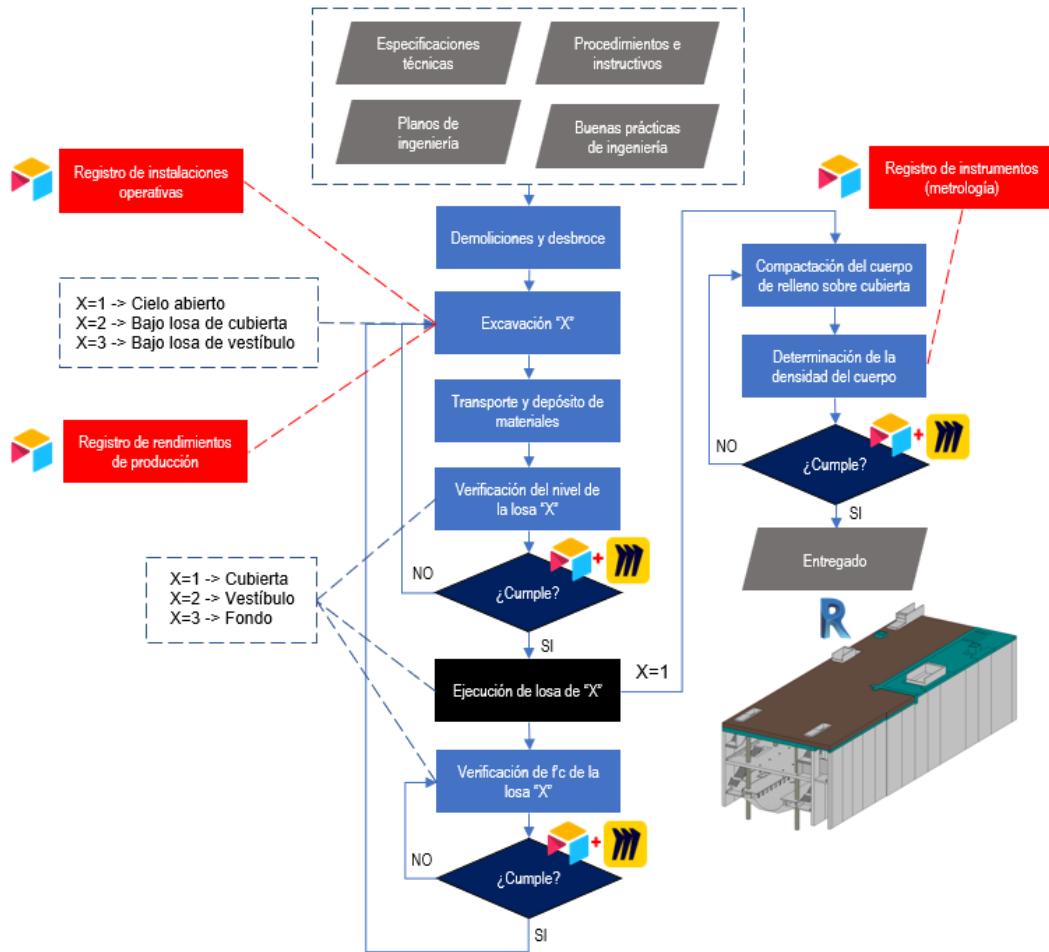


Figura N°44 Flujograma de control de actividades para la ejecución de movimiento de tierras.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida movimiento de tierra, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Verificación del nivel de la losa de cubierta.
- Verificación de  $f'c$  de la losa de cubierta.
- Verificación del nivel de la losa de vestíbulo.
- Verificación de  $f'c$  de la losa de vestíbulo.
- Verificación del nivel de la losa de fondo.
- Determinación de la densidad del cuerpo.
- Determinación de la densidad de la corona.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

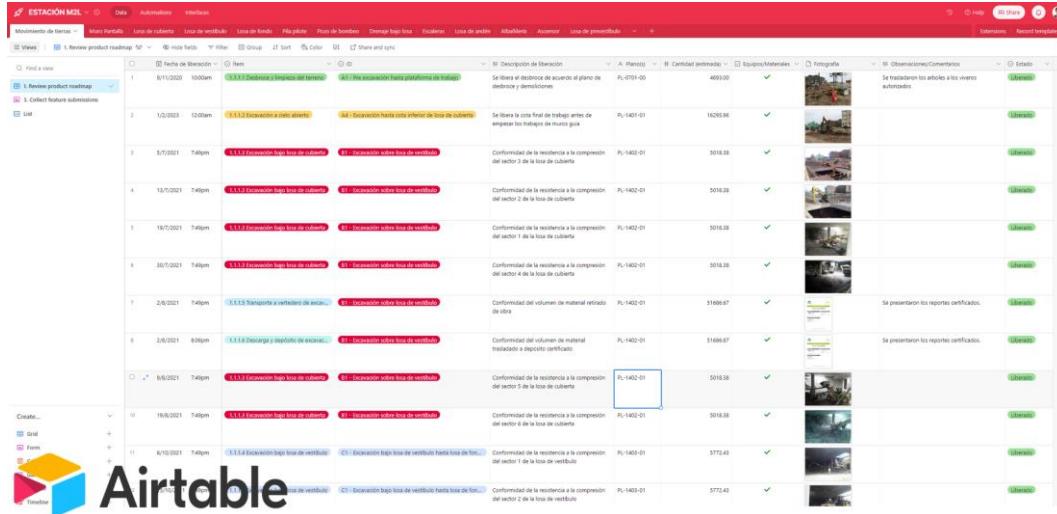


Figura N°45 Tablero Airtable para la partida movimiento de tierras.

Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “movimiento de tierras” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resalte de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de la cubierta para facilitar el avance del desarrollo del relleno sobre la losa de cubierta la cual se distingue por fases.



Figura N°46 Panel Miro para la partida movimiento de tierras.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°31 Observaciones de calidad para la partida movimiento de tierras.  
Fuente: Elaboración propia

| Partida                           | Acontecimiento                                  | Control   |
|-----------------------------------|---|---|
| Excavación bajo losa de cubierta  | Inicio del desconfinamiento de suelo bajo losa. | Solicitar el ensayo de resistencia a la compresión del último muestreo realizado en obra, para validar. |
| Excavación bajo losa de cubierta  | Ritmo lento de extracción de tierras.           | Habilitación de rampas de acceso para el ingreso de camiones volqueteros.                               |
| Excavación bajo losa de vestíbulo | Inicio del desconfinamiento de suelo bajo losa. | Solicitar el ensayo de resistencia a la compresión del último muestreo realizado en obra, para validar  |
| Excavación bajo losa de vestíbulo | Ritmo lento de extracción de tierras.           | Habilitación de rampas de acceso para el ingreso de camiones volqueteros.                               |
| Relleno sobre losa de cubierta    | Determinación de la densidad en campo           | Inspección de instrumentos que determinan la densidad en campo  |

### 5.1.2. Muro pantalla

Los muros pantalla son estructuras verticales de contención que limitan el espacio perimetral de la caja de las estaciones. Los muros pantalla inician con el trazo y ejecución de los muretes guía que son estructuras de concreto armado provisionales y su importancia radica en su uso como plantillas para orientar y limitar la posición de la excavación, también para mantener la verticalidad de la zanja y montar la armadura que es colocada en la zanja de excavación. Luego se posicionan las maquinarias para ejecutar la excavación entre los muros guía, estas excavaciones requieren de fluidos estabilizadores que permita contener el terreno y evitar desprendimientos a medida que se alcanza la profundidad requerida en la excavación, para el caso del proyecto de las estaciones se realiza con lodos de tipo bentonítico, estos fluidos son importantes al momento de excavar y alcanzar la cota final requerida para el proyecto. Los ensayos para determinar las propiedades del lodo bentonítico se realizan en dos instantes, el primero se ejecuta al iniciar con la excavación y el segundo se ejecuta antes del vertido de concreto en la zanja excavada, a su vez el lodo bentonítico puede utilizarse en su estado fresco o reutilizado. Una vez se termine de alcanzar la profundidad indicada en los planos de diseño se realiza una sustitución del lodo bentonítico debido a

que durante el proceso este lodo se ha contaminado y necesita mantener sus propiedades antes del vertido de concreto en la zanja de excavación.



Figura N°47 Proceso constructivo de la partida muro pantalla (1-2).

Fuente: Elaboración propia

Luego de inspeccionar la cuantía y distribución del acero de refuerzo de los muros pantalla se realiza el izaje de las armaduras y las juntas metálicas laterales en las zanjas excavadas por la cuchara.



Figura N°48 Proceso constructivo de la partida muro pantalla (3).

Fuente: Elaboración propia

Se instalan tuberías de vaciado atravesando el interior de las armaduras de los muros pantalla también denominadas tuberías tremie, el vaciado o colocación del concreto se desarrolla de forma continua y se retira el lodo bentonítico mediante bombas extractoras hasta sobrepasar la cota superior solicitada para luego proceder a descabezar la zona contaminada ubicada en la parte superior de las pantallas. Existen paneles de muros pantallas que no son ejecutados en el perímetro de la caja de la estación son demolidos parcialmente según los planos de construcción y el acceso que brindan a ciertos ambientes.



Figura N°49 Proceso constructivo de la partida muro pantalla (4-5).

Fuente: Elaboración propia

Una vez hormigonadas todas las pantallas se procede a realizar las excavaciones masivas planificadas y se descubren las superficies interiores de las pantallas, esta superficie interior llamada cara del intradós de las pantallas se limpia para eliminar el cake adherido durante el proceso constructivo, una vez terminada la limpieza se mapean las posibles inclusiones y/o patologías detectadas en los muros pantallas para proceder con las reparaciones y/o resanes respectivos. Debido a la ejecución de paneles individuales de muros pantalla se procede a sellar las juntas generadas entre los paneles mediante resinas elastoméricas para impermeabilizar la caja interna de la estación.



Figura N°50 Proceso constructivo de la partida muro pantalla (6-7).

Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “muro pantalla”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual está representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

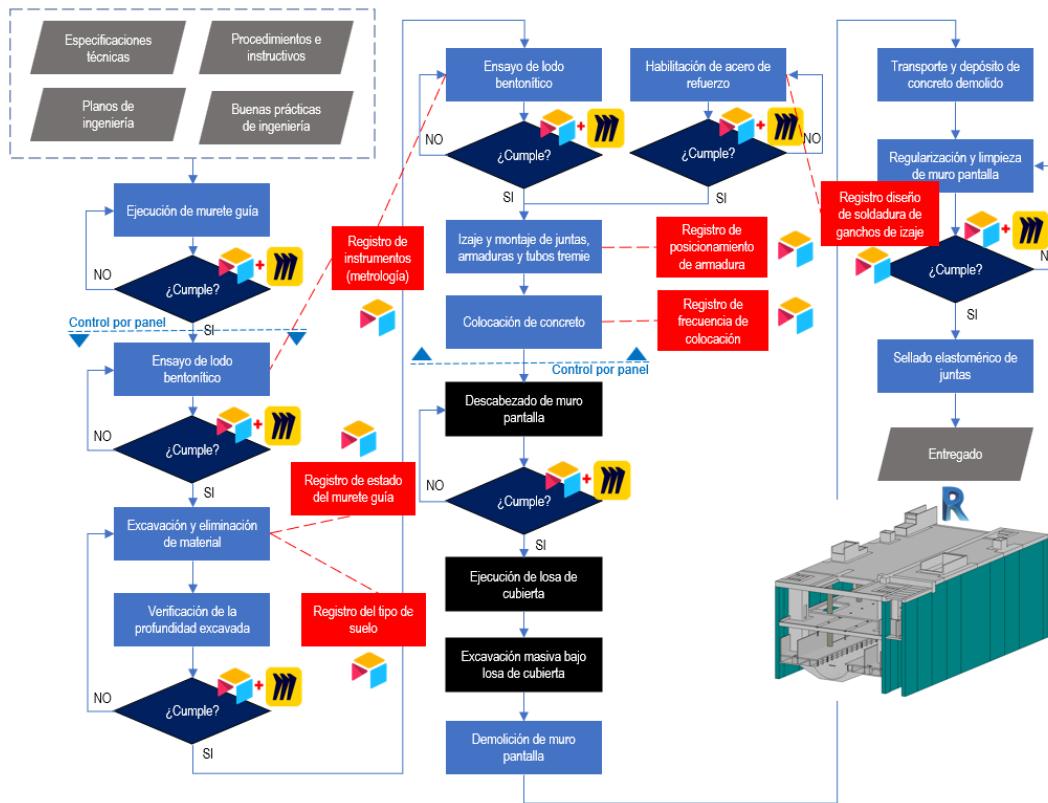


Figura N°51 Flujograma de control de actividades para la ejecución de muros pantalla.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida muro pantalla, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Ejecución de murete guía.
- Ensayo de lodo bentonítico (utilizado en la excavación).
- Verificación de la profundidad excavada.
- Ensayo de lodo bentonítico (utilizado durante el vaciado).
- Habilitación de acero de refuerzo
- Concreto premezclado a pie de obra
- Regularización y limpieza de muro pantalla

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

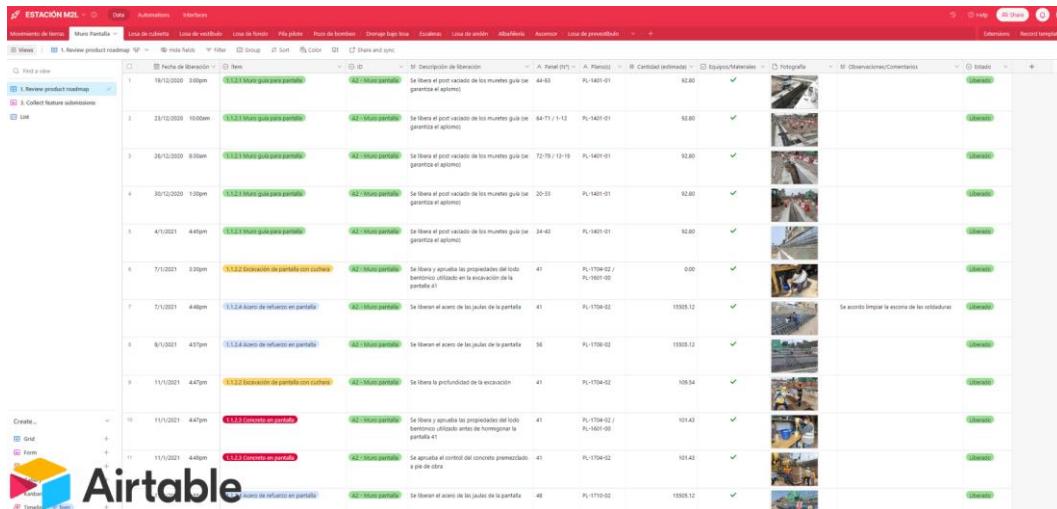


Figura N°52 Tablero Airtable para la partida muro pantalla.

Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “muro pantalla” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resaltos de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en planta que donde se posicionan todos los muros pantalla para facilitar el avance del desarrollo de cada módulo o panel de muro pantalla.

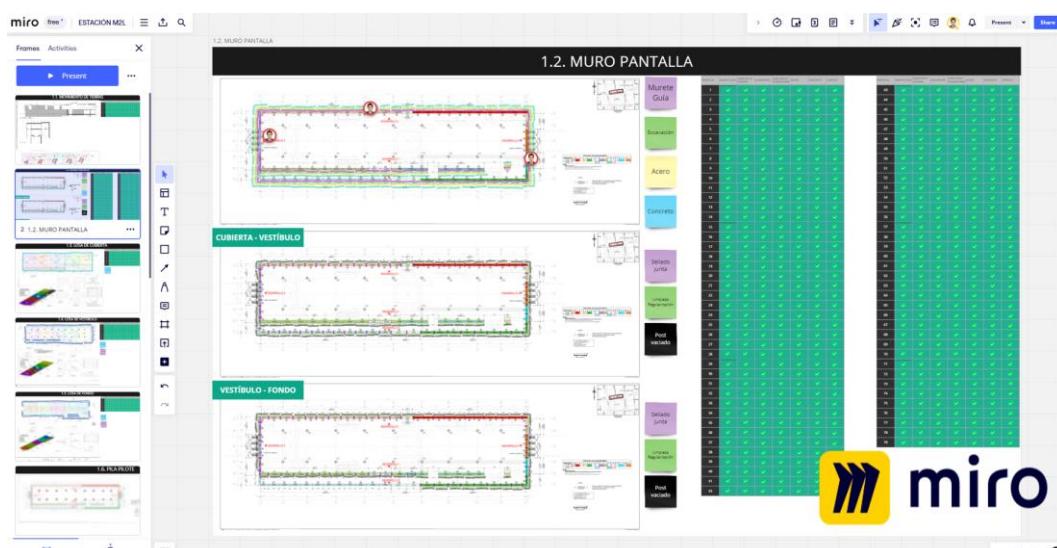


Figura N°53 Panel Miro para la partida muro pantalla.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°32 Observaciones de calidad para la partida muro pantalla.  
Fuente: Elaboración propia

| Partida                            | Acontecimiento                                      | Control   |
|------------------------------------|---|---|
| Muro guía para pantallas           | Verificación después de la colocación del concreto. | Se enfatizaba la revisión de la verticalidad de los muros ya que orientaban la excavación de la maquinaria.   |
| Excavación de pantalla con cuchara | Verticalidad de la excavación.                      | Se realizaban mediciones con ayuda de regletas y maquinarias cada 5m excavados.   |
| Excavación de pantalla con cuchara | Verificación del material de extracción.            | Se verificaba el tipo de suelo correspondiente de las zanjas excavadas.   |
| Acero de refuerzo en pantalla      | Rigidizadores adosados a la armadura.               | Es importante el uso de estos arreglos para mantener la rigidez durante el izaje.   |
| Acero de refuerzo en pantalla      | Ganchos de izaje                                    | Es importante el cálculo y determinación de la soldadura utilizada para que pueda cargar el peso total de la armadura.  |
| Acero de refuerzo en pantalla      | Izaje de las armaduras de pantallas                 | Era importante verificar la posición de colocación de las armaduras, ante esto se acudía a pintar la cara del intradós de las armaduras para el manejo visual del operario. |
| Conectores mecánicos de 1 3/8"     | Instalación de los conectores mecánicos.            | Se verificaban aleatoriamente la correcta instalación de los conectores con los límites establecidos por el fabricante.   |
| Concreto en pantalla               | Duración y frecuencias de colocación del concreto   | Se verificaba la colocación continua de concreto en la pantalla, también se median las propiedades del concreto plástico para asegurar la calidad del concreto.             |

### 5.1.3. Losa de cubierta

La losa de cubierta es una losa de concreto armado diseñada en dos direcciones ubicada en parte superior de la caja de estación y es la primera losa que se ejecuta. La losa de cubierta se encuentra apoyada sobre las pilas pilote y los muros pantalla, es así que el primer control a realizar es el descabezado libre de contaminaciones en las pilas pilotes y los muros pantalla. Para ejecutar el encofrado bajo losa se realiza el vertido de mortero y así obtener el solado de la losa de cubierta. Para formar la geometría de la losa se requiere de encofrados en 2 direcciones, la primera en dirección horizontal para formar la cara inferior de la losa y otra en sentido vertical para formar los bordes de la misma, cabe mencionar que los encofrados verticales se realizan luego de encontrarse liberado el acero de refuerzo de la estructura, en ambas situaciones se realiza un control topográfico para verificar las posiciones y dimensiones correspondientes de la losa.



Figura N°54 Proceso constructivo de la partida losa de cubierta (1-2).  
Fuente: Elaboración propia

Entonces una vez se tenga formado el encofrado bajo la losa se procede a realizar el armado del acero de refuerzo de la losa de cubierta y culminado esta actividad se realiza el control de la cuantía y distribución del refuerzo que conforma la losa.



Figura N°55 Proceso constructivo de la partida losa de cubierta (3-4).  
Fuente: Elaboración propia

El hormigonado de la losa de cubierta se realiza por sectores debido al gran volumen que se necesita para conformarla, es así que las juntas de construcción son planificadas y aprobadas previamente antes del hormigonado por sector.

Posterior al hormigonado se desarrolla la actividad del curado de la losa, esta se aprueba cuando alcanza la resistencia específica y se encuentre libre de patologías que afecten dicha resistencia.



Figura N°56 Proceso constructivo de la partida losa de cubierta (5-6).  
Fuente: Elaboración propia

La losa de cubierta contiene ductos o aberturas provisionales que se utilizan para la excavación y son posteriormente cerradas a partir de placas prefabricadas. Finalmente, la cara superior de la losa es impermeabilizada y así evitar filtraciones que escurran dentro de la caja de la estación.



Figura N°57 Proceso constructivo de la partida losa de cubierta (7-8).  
Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “losa de cubierta”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual

está representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

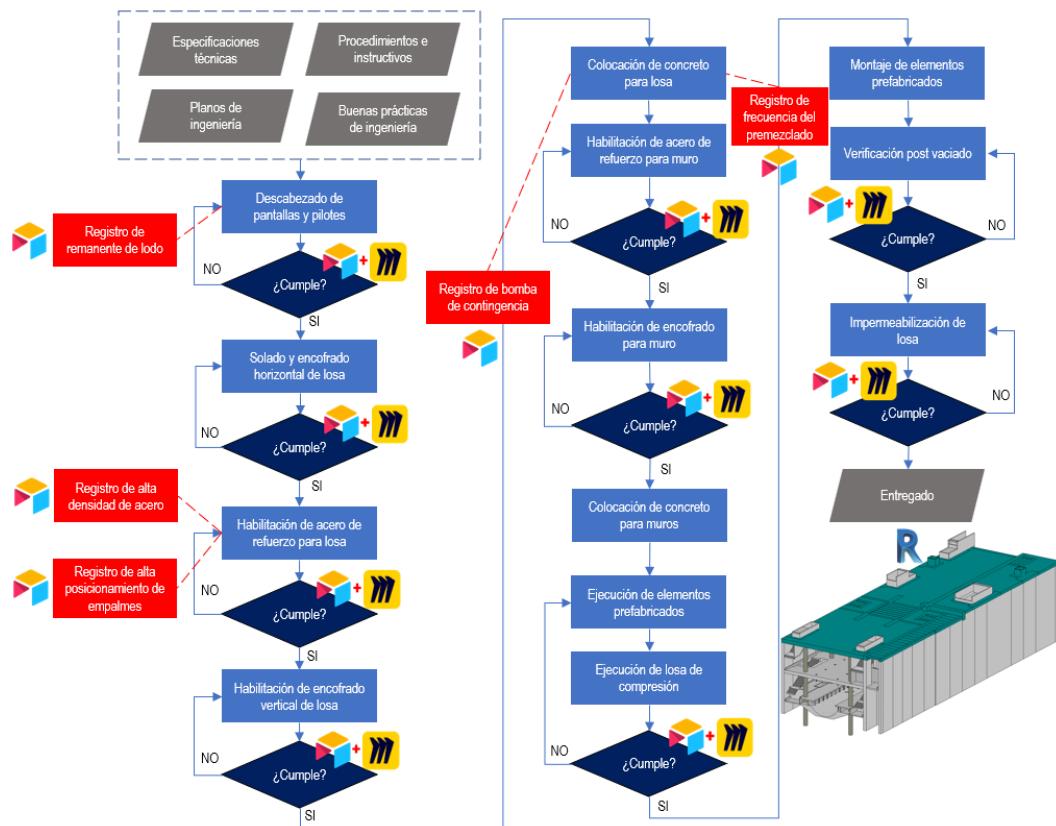


Figura N°58 Flujograma de control de actividades para la ejecución de la losa de cubierta.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida losa de cubierta, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Descabezado de pantallas y pilotes.
- Solado y encofrado horizontal de losa.
- Habilitación de acero de refuerzo para losa.
- Habilitación de encofrado vertical de losa.
- Concreto premezclado a pie de obra para losa.
- Habilitación de acero de refuerzo para muro.
- Habilitación de encofrado para muro.
- Concreto premezclado a pie de obra para muro.
- Ejecución de elementos prefabricados
- Verificación post colocación de concreto

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

Figura N°59 Tablero Airtable para la partida losa de cubierta.  
Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “losa de cubierta” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resaltos de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en planta de la losa de cubierta para facilitar el avance del desarrollo de cada fase o sector de losa.

Figura N°60 Panel Miro para la partida losa de cubierta.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°33 Observaciones de calidad para la partida losa de cubierta.

Fuente: Elaboración propia

| Partida                            | Acontecimiento  | Control  |
|------------------------------------|---|--|
| Descabezado de pantallas y pilotes | Presencia de remanente de lodo bentonítico por proceso constructivo de los muros pantalla | Eliminar toda muestra de lodo bentonítico hasta encontrar concreto libre de lechada                                    |
| Acero de refuerzo para losa        | Alta densidad de acero  | Asegurar el espaciamiento suficiente entre los hierros para asegurar el ingreso de concreto, agrupamiento en paquetes. |
| Acero de refuerzo para losa        | Posición de los empalmes de acero   | Se retiraban los empalmes en zonas de máximos esfuerzos.   |
| Concreto en losa                   | Riesgo de problema con la bomba hidráulica  | Se habilitaba una bomba adicional de contingencia para reiniciar inmediatamente la colocación ante algún incidente.    |

#### 5.1.4. Losa de vestíbulo

La losa de vestíbulo es una losa de concreto armado diseñada en dos direcciones ubicada en parte intermedia de la caja de estación y es la segunda losa que se ejecuta. La losa de vestíbulo se encuentra conectada a las pilas pilote y los muros pantalla mediante anclajes adhesivos post instalados, entonces se realiza el corte superficial de concreto en las pantallas y pilotes hasta descubrir la armadura y anclar los aceros de refuerzo según la profundidad requerida por el proyecto, estos procedimientos son validados a partir de ensayos no destructivos de tracción. Para ejecutar el encofrado bajo losa se realiza el vertido de mortero y así obtener el solado de la losa de cubierta. Al igual que la losa de cubierta, para formar su geometría se requiere de encofrados en 2 direcciones, la primera en dirección horizontal para formar la cara inferior de la losa y otra en sentido vertical para formar los bordes de la misma, cabe mencionar que los encofrados verticales se

realizan luego de encontrarse liberado el acero de refuerzo de la estructura, en ambas situaciones se realiza un control topográfico para verificar las posiciones y dimensiones correspondientes de la losa.



Figura N°61 Proceso constructivo de la partida losa de vestíbulo (1-4).  
Fuente: Elaboración propia

Entonces una vez se tenga formado el encofrado bajo la losa se procede a realizar el armado del acero de refuerzo de la losa de cubierta y culminado esta actividad se realiza el control de la cuantía y distribución del refuerzo que conforma la losa que incluye a los fosos de las escaleras y ascensores, también es importante mencionar que entre el encofrado y la armadura se colocan pases de tubería de PVC para el uso de instalaciones y elementos de sujeción. El hormigonado de la losa de vestíbulo se realiza por sectores debido al gran volumen que se necesita para conformarla, es así que las juntas de construcción son planificadas y aprobadas previamente antes del hormigonado por sector. Posterior al hormigonado se desarrolla la actividad del curado de la losa, esta se aprueba cuando alcanza la resistencia específica y se encuentre libre de patologías que afecten dicha resistencia.



Figura N°62 Proceso constructivo de la partida losa de vestíbulo (5-8).  
Fuente: Elaboración propia

La losa de vestíbulo también contiene ductos o aberturas provisionales que se utilizan para la excavación y son posteriormente cerradas a partir de placas prefabricadas. Por último, sobre el perímetro de la losa de vestíbulo se ejecuta una canaleta de concreto denominada cámara bufa, cuya función es drenar las aguas residuales de la caja de la estación.



Figura N°63 Proceso constructivo de la partida losa de vestíbulo (9-10).  
Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “losa de vestíbulo”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual está representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

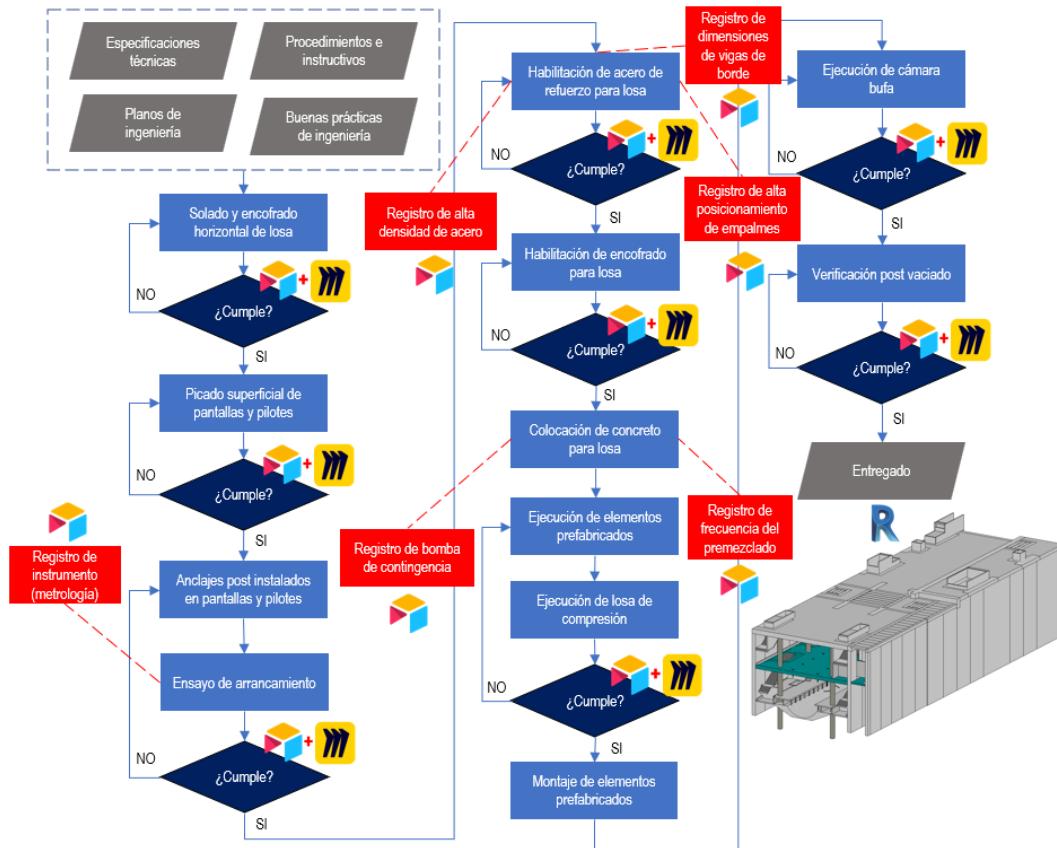


Figura N°64 Flujograma de control de actividades para la ejecución de la losa de vestíbulo.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida losa de vestíbulo, las inspecciones que desarrolla el fluograma son las siguientes:

- Solado y encofrado horizontal de losa.
  - Picado superficial de pantallas y pilotes.
  - Ensayo de tracción en anclajes post instalados en pantallas y pilotes.
  - Habilitación de acero de refuerzo para losa.
  - Habilitación de encofrado para losa.
  - Concreto premezclado a pie de obra.
  - Ejecución de elementos prefabricados.
  - Ejecución de cámara bufa.
  - Verificación post colocación de concreto.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

Figura N°65 Tablero Airtable para la partida losa de vestíbulo.

Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “losa de vestíbulo” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resaltos de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en planta de la losa de vestíbulo para facilitar el avance del desarrollo de cada fase o sector de losa.

Figura N°66 Panel Miro para la partida losa de vestíbulo.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°34 Observaciones de calidad para la partida losa de vestíbulo.  
Fuente: Elaboración propia

| Partida                                | Acontecimiento                             | Control  |
|--|--|--|
| Anclaje con barra de acero 1" y 1 3/8" | Ensayo de arrancamiento para el anclaje    | Se tomaron en cuenta los tiempos de fragua de la resina y se revisaban los instrumentos utilizados en la medición.     |
| Acero de refuerzo para losa            | Alta densidad de acero                     | Asegurar el espaciamiento suficiente entre los hierros para asegurar el ingreso de concreto, agrupamiento en paquetes. |
| Acero de refuerzo para losa            | Dimensiones de vigas de borde              | Se verificaba las dimensiones de las vigas adyacentes a los muros pantalla ante algún desvío que están pueden tener.   |
| Acero de refuerzo para losa            | Posición de los empalmes de acero          | Se retiraban los empalmes en zonas de máximos esfuerzos.   |
| Pasatubos de PVC en losa               | Interrupción con la armadura de la losa    | Se verificaba la continuidad por traslape de los hierros que conforman la armadura.                                    |
| Concreto en losa                       | Riesgo de problema con la bomba hidráulica | Se habilitaba una bomba adicional de contingencia para reiniciar inmediatamente la colocación ante algún incidente.    |

### 5.1.5. Losa de fondo

La losa de fondo es una losa de concreto armado diseñada en dos direcciones ubicada en la parte inferior de la caja de estación. Los trabajos en losa de fondo inician con el solado y el corte superficial del concreto en los pilotes y pantallas hasta descubrir la armadura, sin embargo, previo al vertido de mortero para obtener el solado de la losa de fondo, se ejecutan las zanjas para posicionar las instalaciones que permitan drenar las aguas grises y negras de la caja de la estación.



Figura N°67 Proceso constructivo de la partida losa de fondo (1-2).

Fuente: Elaboración propia

La geometría de la losa de fondo tiene una particularidad ya que tiene que formar una media luna para el paso de la tuneladora, es por ello que se disponen de encofrados curvos, cabe mencionar que los encofrados se realizan luego de encontrarse liberado el acero de refuerzo de la estructura, en ambas situaciones se realiza un control topográfico para verificar las posiciones y dimensiones correspondientes de la losa. Una vez formado el solado se procede a realizar el armado del acero de refuerzo de la losa de fondo y culminado esta actividad se realiza el control de la cuantía y distribución del refuerzo que conforma la losa incluyendo a las arquetas posicionadas a nivel de fondo, también es importante mencionar que entre el encofrado y la armadura se insertan estructuras metálicas que dan paso a la TBM y así formar el túnel que permita unir las estaciones. El hormigonado de la losa de fondo se realiza por sectores debido al gran volumen que se necesita para conformarla, es así que las juntas de construcción son planificadas y aprobadas previamente antes del hormigonado por sector. Posterior al hormigonado se desarrolla la actividad del curado de la losa, esta se aprueba cuando alcanza la resistencia específica y se encuentre libre de patologías que afecten dicha resistencia.



Figura N°68 Proceso constructivo de la partida losa de fondo (3-6).  
Fuente: Elaboración propia

Por último, sobre el perímetro de la losa de fondo se ejecuta una canaleta de concreto denominada cámara bufa, cuya función es drenar las aguas residuales de la caja de la estación.



Figura N°69 Proceso constructivo de la partida losa de fondo (7-8).  
Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “losa de fondo”.

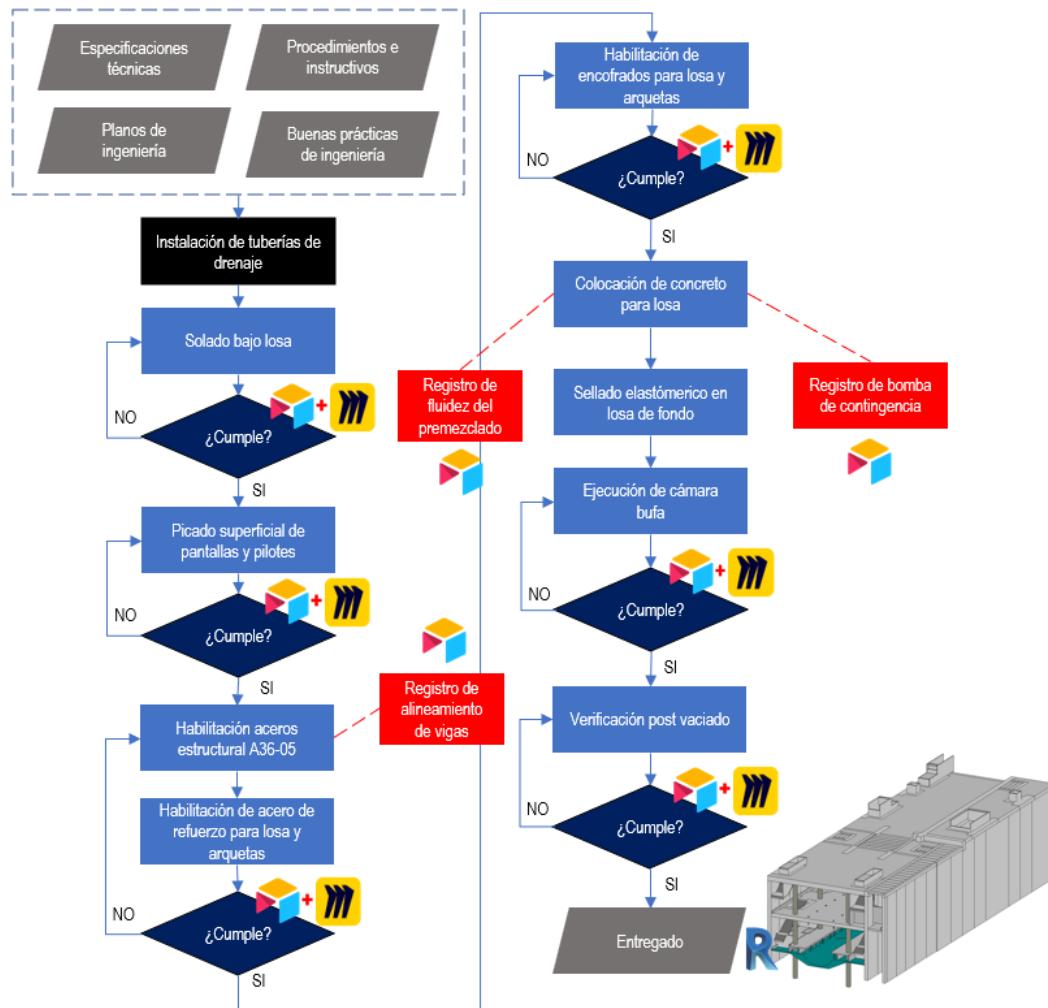


Figura N°70 Flujograma de control de actividades para la ejecución de la losa de fondo.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida losa de fondo, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Solado bajo losa.
- Picado superficial de pantallas y pilotes.
- Habilitación aceros estructural embebido en losa.
- Habilitación de acero de refuerzo para losa y arquetas.
- Habilitación de encofrados para losa y arquetas.
- Concreto premezclado a pie de obra.
- Ejecución de cámara bufa.
- Verificación post colocación de concreto.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

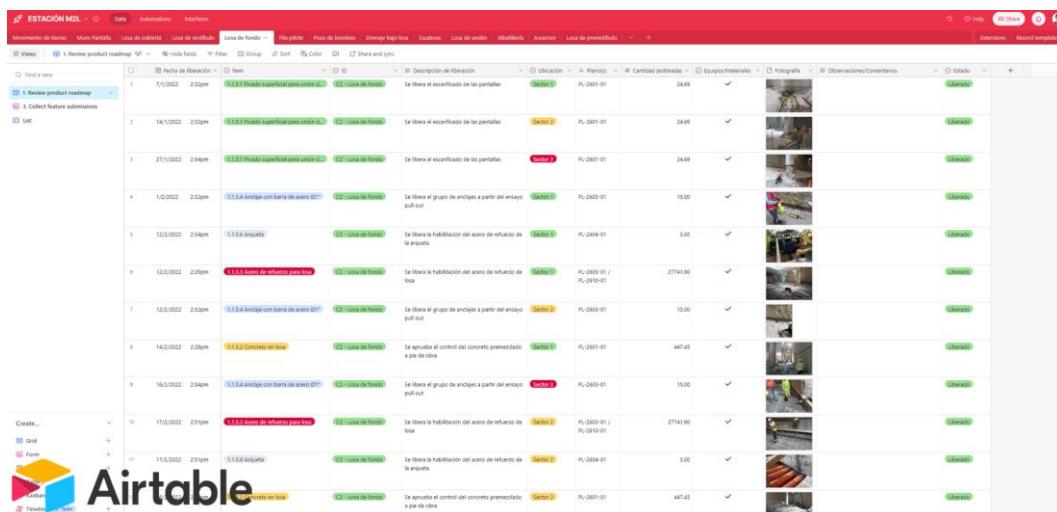


Figura N°71 Tablero Airtable para la partida losa de fondo.  
Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “losa de fondo” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resaltos de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en planta de la losa de fondo para facilitar el avance del desarrollo de cada fase o sector de losa.



Figura N°72 Panel Miro para la partida losa de fondo.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°35 Observaciones de calidad para la partida losa de fondo.  
Fuente: Elaboración propia

| Partida                               | Acontecimiento                                   | Control   |
|---------------------------------------|--|---|
| Acero estructural<br>embebido en losa | Alineamiento de las<br>vigas H                   | Se aseguraba el alineamiento<br>de las vigas mediante<br>soldadura y el replanteo<br>topográfico.                               |
| Concreto en losa                      | Riesgo de problema<br>con la bomba<br>hidráulica | Se habilitaba una bomba<br>adicional de contingencia para<br>reiniciar inmediatamente la<br>colocación ante algún<br>incidente. |
| Concreto en losa                      | Fluidez del concreto                             | Se verificaba la fluidez<br>apropiada para asegurar la<br>colocación por la forma de<br>media luna.                             |

#### 5.1.6. Pila pilote

Las pilas pilote son estructuras de concreto armado que trabajan como cimentación de las estaciones. Las pilas pilote inician con el trazo y ejecución de los muretes guía que son estructuras de concreto armado provisionales y su importancia radica en su uso como plantillas para orientar y limitar la posición de la excavación, también para mantener la verticalidad de la zanja y montar la armadura colocada en la excavación. Luego se posicionan las maquinarias para ejecutar la excavación entre los muretes guía, estas excavaciones al igual que los muros pantalla requieren de fluidos estabilizadores que permita contener el terreno y evitar desprendimientos a medida que se alcanza la profundidad requerida en la excavación, para el caso del proyecto de las estaciones se realizan con lodos de tipo bentonítico, estos fluidos son importantes al momento de excavar y alcanzar la cota final requerida para el proyecto. Los ensayos para determinar las propiedades del lodo bentonítico se realizan en dos instantes, el primero se ejecuta al iniciar con la excavación y el segundo se ejecuta antes del vertido de concreto en la zanja excavada, a su vez el lodo bentonítico puede utilizarse en su estado fresco o reutilizado. Una vez se termine de alcanzar la profundidad indicada

en los planos de diseño se realiza una sustitución del lodo bentonítico debido a que durante el proceso este lodo se ha contaminado y necesita mantener sus propiedades antes del vertido de concreto en la zanja de excavación.



Figura N°73 Proceso constructivo de la partida pila pilote (1-2).  
Fuente: Elaboración propia

Las pilas pilote tienen revestimiento metálico desde el nivel de la cubierta hasta el fondo de la caja de la estación, estos revestimientos son inspeccionados cumpliendo con lo requerido por el proyecto, también se revisa el acero de refuerzo de las pilas pilote que tiene la particularidad de llevar adosado unos tubos metálicos que permitirán realizar los ensayos de integridad del concreto de la estructura, finalizada la inspección se realiza el izaje y montaje del revestimiento metálico y la armadura respectivamente en las zanjas excavadas.



Figura N°74 Proceso constructivo de la partida pila pilote (3-6).  
Fuente: Elaboración propia

Luego se instala el tubo tremie atravesando el núcleo de la armadura de la pila pilote y el vaciado o colocación del concreto se desarrolla de forma continua y se retira el lodo bentonítico mediante bombas extractoras hasta sobrepasar la cota superior solicitada para luego proceder a descabezear la zona contaminada ubicada en la parte superior de las pilas pilote. Finalmente, para garantizar la homogeneidad del concreto a lo largo del fuste de las pilas pilote se realizan los ensayos de integridad mediante ultrasonido y así detectar una posible patología que amerite una reparación.



Figura N°75 Proceso constructivo de la partida pila pilote (7-8).  
Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que a medida que se ejecuta la losa de vestíbulo, esta requiere de la instalación de anclajes hacia las pilas pilote, esto finaliza el alcance total de la presente partida.



Figura N°76 Proceso constructivo de la partida pila pilote (9).  
Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “pila pilote”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual está

representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

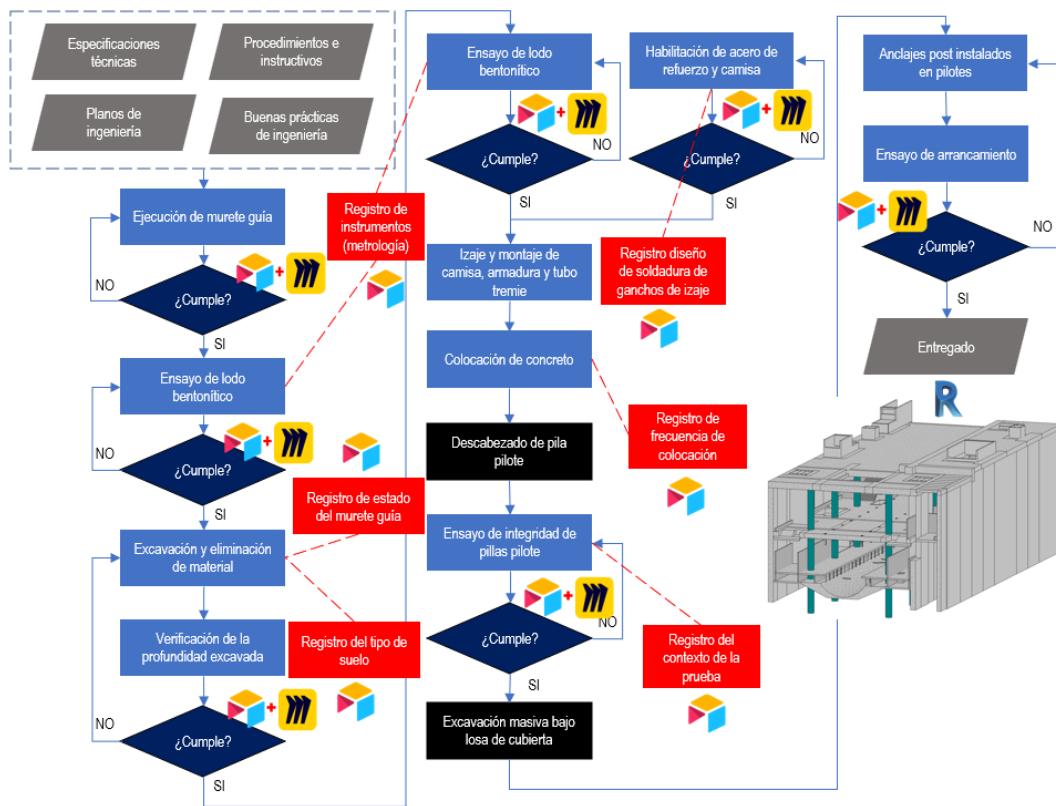


Figura N°77 Flujograma de control de actividades para la ejecución de las pilas pilote.

Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida pila pilote, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Ejecución de murete guía.
- Ensayo de lodo bentonítico (utilizado en la excavación).
- Verificación de la profundidad excavada.
- Ensayo de lodo bentonítico (utilizado en el vaciado).
- Habilitación de acero de refuerzo y camisa.
- Concreto premezclado a pie de obra.
- Ensayo de integridad de pilas pilote.
- Ensayo de tracción en anclajes post instalados en pilotes

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

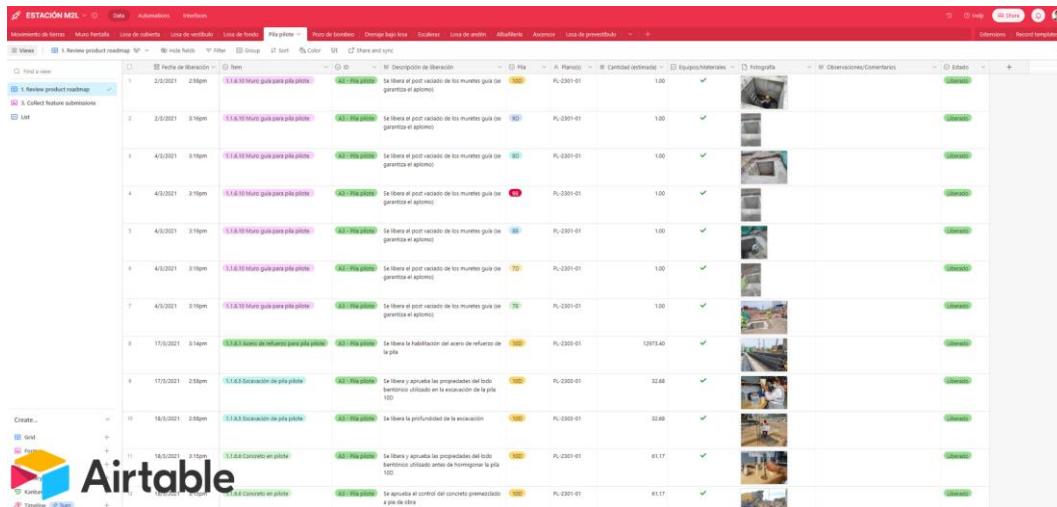


Figura N°78 Tablero Airtable para la partida pila pilote.  
Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “pila pilote” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resalte de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en planta de ubicación de todos los pilotes para facilitar el avance del desarrollo de las excavaciones, habilitación de acero, ensayos de lodo, hormigonados y que pilotes cuentan con los ensayos de integridad.

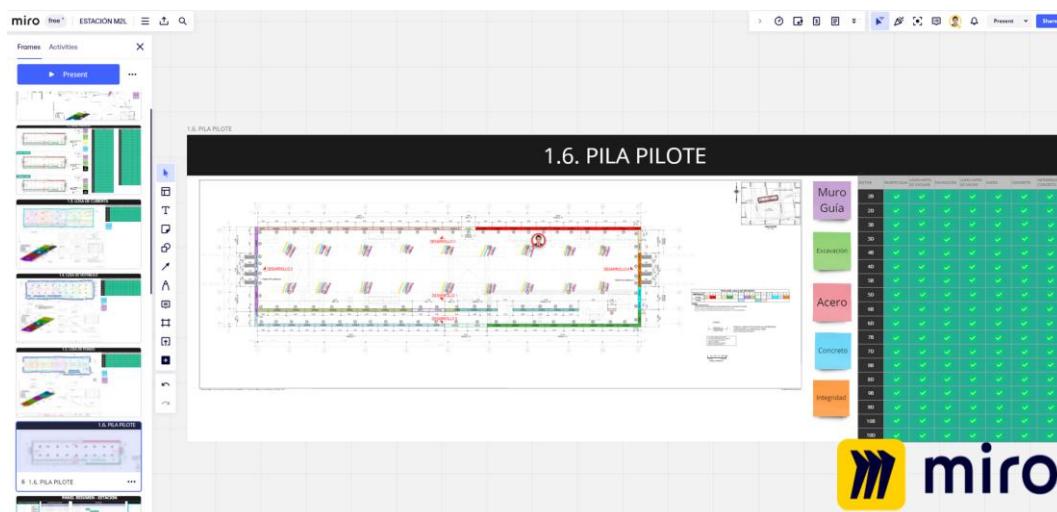


Figura N°79 Panel Miro para la partida pila pilote.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°36 Observaciones de calidad para la partida pila pilote.

Fuente: Elaboración propia

| Partida                               | Acontecimiento  | Control   |
|---------------------------------------|---|---|
| Murete guía para pila pilote          | Verificación después de la colocación del concreto      | Se enfatizaba el control de la verticalidad de los muros ya que otorgan la orientación de la perforación.                                       |
| Excavación de la pila pilote          | Verificación del material de extracción                 | Se verificaba el tipo de suelo correspondiente a partir del nivel del pilote y se enfatizaba en el material donde se apoya la punta del pilote. |
| Acero de refuerzo de la pila pilote   | Rigidizadores adosados a la armadura                    | Es importante el uso de estos arreglos para mantener la rigidez durante el izaje.   |
| Acero de refuerzo de la pila pilote   | Ganchos de izaje  | Es importante el cálculo y determinación de la soldadura utilizada para que pueda cargar el peso total de la armadura.                          |
| Conectores mecánicos de 1 3/8"        | Instalación de los conectores mecánicos                 | Se verificaban aleatoriamente la correcta instalación de los conectores con los límites establecidos por el fabricante.                         |
| Tubo sónico de acero                  | Posicionamiento de los tubos en el núcleo del elemento. | Es importante asegurar el posicionamiento vertical los tubos.   |
| Acero de camisa no recuperable        | Posicionamiento de la camisa en la perforación          | Se plantean las posiciones de las camisas según el plano del diseño.  |
| Ensayo de integridad para pila pilote | Contexto del ensayo.                                    | El espacio debe estar libre de vibraciones que puedan afectar las lecturas del instrumento.   |

### 5.1.7. Pozo de bombeo

El pozo de bombeo es una estructura de concreto armado cuyo diseño es realizado para el drenaje de las aguas claras de las estaciones, esta estructura se encuentra ubicada desde el nivel de andén hasta por debajo del nivel de fondo de la estación. Los trabajos para ejecutar el pozo de bombeo inician con el trazo y replanteo de su posición, luego se realiza la excavación hasta alcanzar la profundidad requerida por el proyecto y se nivela la superficie del terreno colocando mortero y así poder habilitar el acero de refuerzo de la losa inferior del pozo.



Figura N°80 Proceso constructivo de la partida pozo de bombeo (1-2).  
Fuente: Elaboración propia

Debido a la exposición de la estructura se verifica el recubrimiento que tiene la estructura, luego del hormigonado de la losa inferior se realiza la instalación del cordón hidroexpansivo en la junta de construcción de la losa con los muros laterales del pozo de bombeo. Al terminar con la instalación del hidroexpansivo, se habilita el acero de refuerzo de los muros del pozo y se realiza la respectiva colocación de concreto sobre los encofrados.



Figura N°81 Proceso constructivo de la partida pozo de bombeo (3-4).  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el pozo de bombeo se aprueba cuando alcanza la resistencia específica y se encuentre libre de patologías que afecten dicha resistencia.



Figura N°82 Proceso constructivo de la partida pozo de bombeo (5).  
Fuente: Elaboración propia

El flujoograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “pozo de bombeo”.

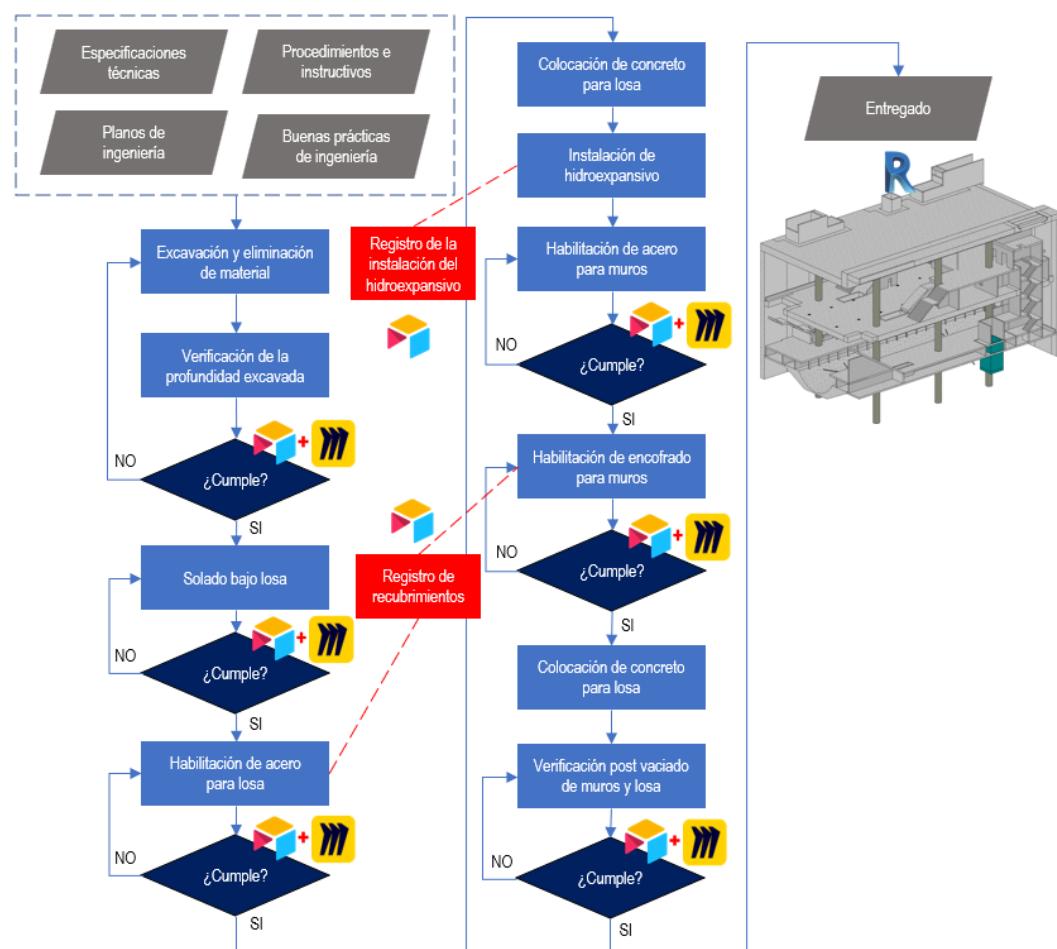


Figura N°83 Flujograma de control de actividades para la ejecución del pozo de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida pozo de bombeo, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Verificación de la profundidad excavada.
- Solado bajo losa.
- Habilitación de acero de refuerzo para losa.
- Concreto premezclado a pie de obra.
- Habilitación de acero para muros.
- Habilitación de encofrado para muros.
- Concreto premezclado a pie de obra.
- Verificación post colocación de concreto.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

| Fecha de liberación | Descripción de liberación   | A. Planos  | C. Control armado | E. Equipo/Materiales | D. Imágenes | Observaciones/Comentarios                              | Estado |
|---------------------|---|------------|-------------------|----------------------|-------------|--|--------|
| 14/1/2022 3:25pm    | Se libera la profundidad de la excavación                               | PL-4101-01 | 3807              |                      |             |  | Libre  |
| 17/1/2022 3:25pm    | Conformidad del volumen de material retirado de obra                    | PL-4101-01 | 31.07             |                      |             |  | Libre  |
| 17/1/2022 3:25pm    | Conformidad del volumen de material retirado a deposito oficial         | PL-4101-01 | 165.32            |                      |             |  | Libre  |
| 21/1/2022 3:25pm    | Se libera la habilitación del acero de refuerzo de losa                 | PL-4100-01 | 401.09            |                      |             |  | Libre  |
| 22/1/2022 3:25pm    | Se aprueba el control del concreto premezclado a pie de obra            | PL-4101-01 | 2.33              |                      |             | Se instala cordón hidro aislante                       | Libre  |
| 26/1/2022 3:25pm    | Se libera la habilitación del acero de refuerzo de los muros paramentos | PL-4100-01 | 2000.00           |                      |             |  | Libre  |
| 2/2/2022 3:25pm     | Se libera las dimensiones de la losa cumpliendo los recubrimientos      | PL-4100-01 | 46.59             |                      |             | Se garantiza el recubrimiento de 70mm (contra terreno) | Libre  |
| 2/2/2022 3:25pm     | Se aprueba el control del concreto premezclado a pie de obra            | PL-4101-01 | 15.97             |                      |             |  | Libre  |

Figura N°84 Tablero Airtable para la partida pozo de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “pozo de bombeo” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resaltos de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en elevación del pozo para facilitar el avance del desarrollo de la estructura.

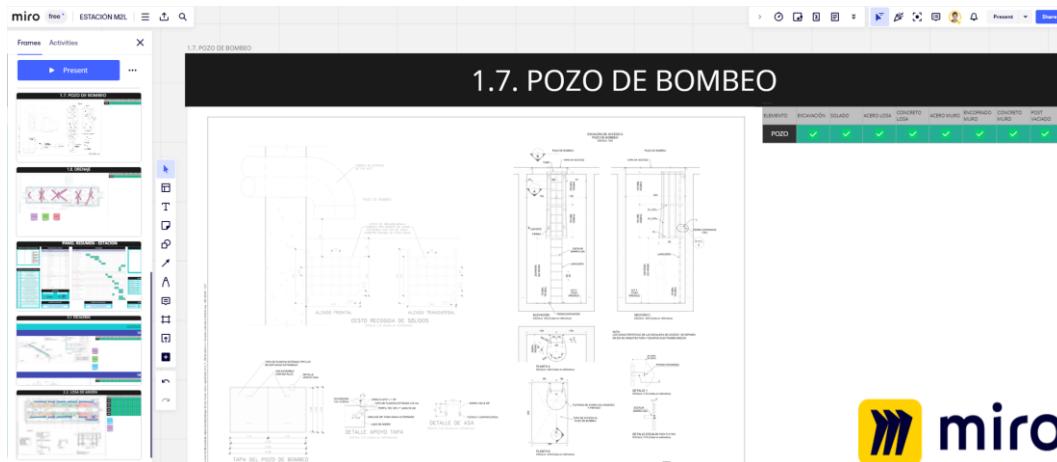


Figura N°85 Panel Miro para la partida pozo de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°37 Observaciones de calidad para la partida pozo de bombeo.  
Fuente: Elaboración propia

| Partida                     | Problema                      | Control  |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| Concreto en losa            | Recubrimientos                | Verificación de los 70mm mínimos de recubrimiento ante colocaciones sobre terreno.                           |
| Acero de refuerzo para pozo | Instalación de hidroexpansivo | Verificación de la instalación y material apropiado que permita resistir la presión hidrostática del diseño. |

### 5.1.8. Drenaje bajo losa

El sistema de drenaje está compuesto por tuberías que recolectan aguas grises y las transportan al pozo de bombeo de las estaciones. La ejecución del drenaje comienza con el trazo y replanteo de la posición de la tubería, después se realiza la excavación hasta llegar a la profundidad requerida por el proyecto, luego se procede a colocar una cama de arena gruesa para asentar las instalaciones, después se realiza el tendido de tuberías con la pendiente requerida por el diseño que permita generar la escorrentía, luego de realizar la verificación de las

pendientes se realiza la prueba de estanqueidad por un tiempo de veinticuatro horas para verificar la hermeticidad la instalación, luego se procede a cubrir o llenar con arena gruesa toda la tubería.



Figura N°86 Proceso constructivo de la partida drenaje bajo losa (1-2).  
Fuente: Elaboración propia

Para proteger la instalación se realizan trabajos de relleno y compactación con material propio de la excavación hasta alcanzar la densidad requerida por el diseño. Finalmente, se vuelve a realizar pruebas hidráulicas de estanqueidad para verificar que las instalaciones no hayan sufrido daño alguno durante la ejecución de los trabajos de habilitación y colocación del concreto para la losa de fondo.



Figura N°87 Proceso constructivo de la partida drenaje bajo losa (3-4).  
Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “drenaje bajo losa”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual está representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

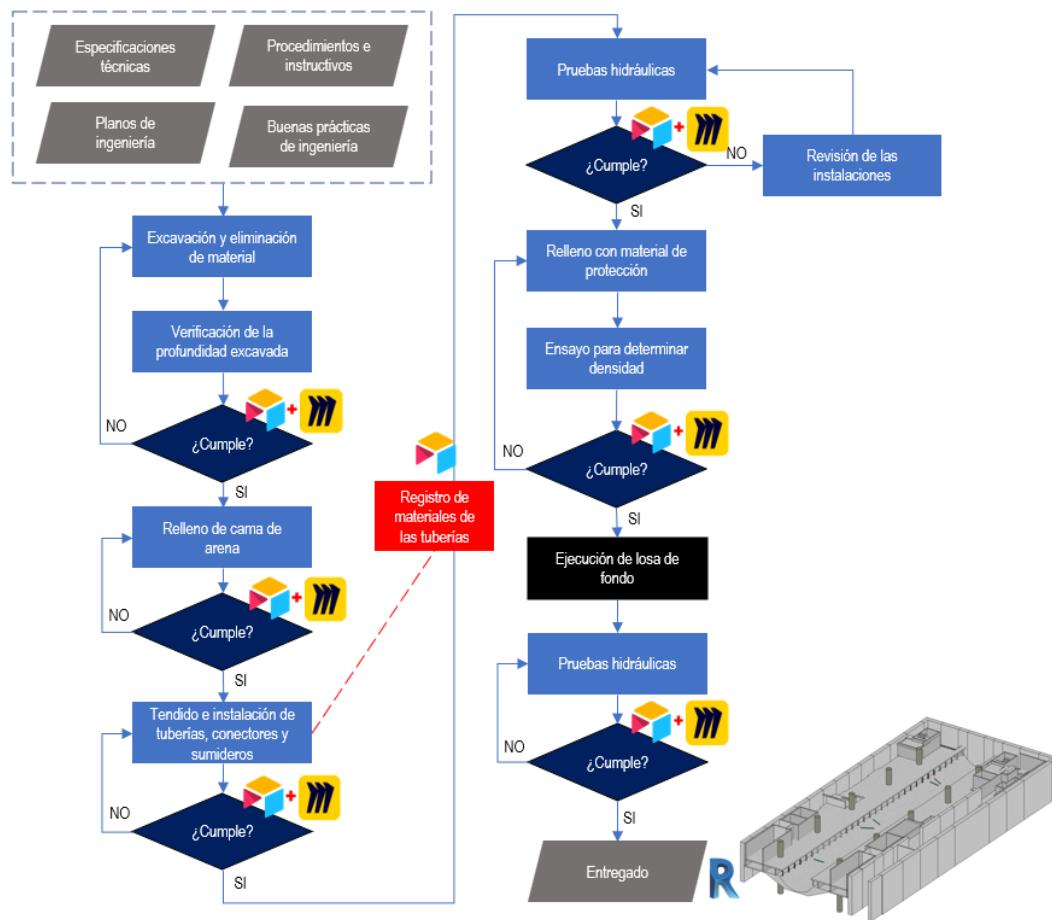
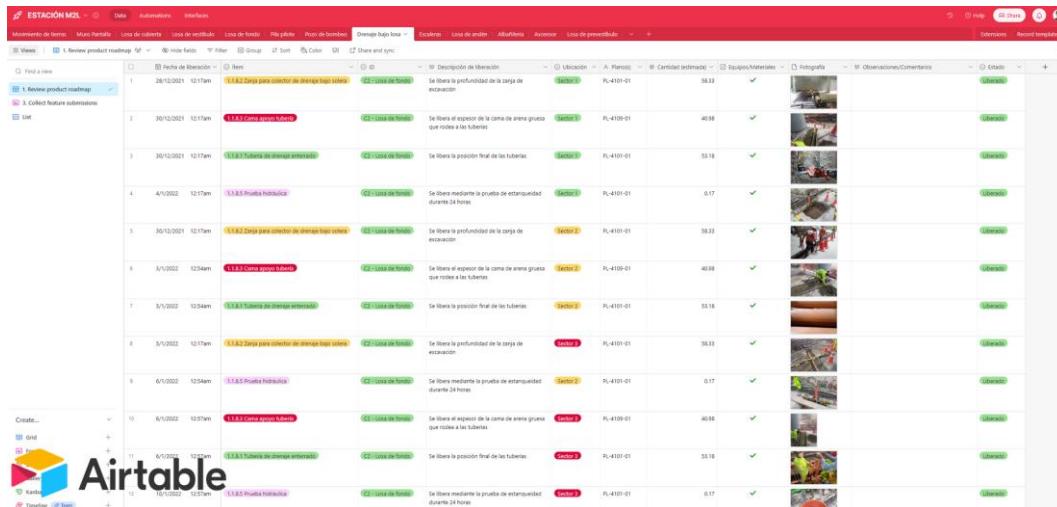


Figura N°88 Flujograma de control de actividades para la ejecución del drenaje bajo losa.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida drenaje bajo losa, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Verificación de la profundidad excavada.
- Relleno de cama de arena.
- Tendido e instalación de tuberías, conectores y sumideros.
- Pruebas hidráulicas iniciales.
- Ensayo para determinar densidad en relleno con material de protección.
- Pruebas hidráulicas finales.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.



The screenshot shows a digital project management board for the 'drenaje bajo losa' (underground drainage) section of the Estación MEL. The board is organized into columns for tasks, descriptions, due dates, and attachments. A sidebar on the left provides navigation and creation tools.

Figura N°89 Tablero Airtable para la partida drenaje bajo losa.

Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “drenaje bajo losa” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resaltos de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en planta del sistema de tubería que conforman la estación para facilitar el avance del desarrollo de las instalaciones y las redes que desarrollan las pruebas hidráulicas.

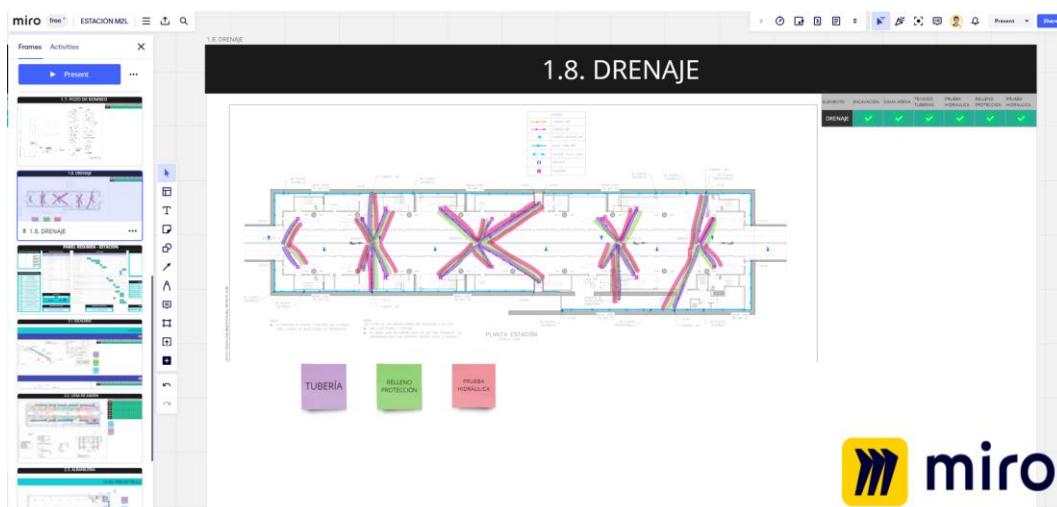


Figura N°90 Panel Miro para la partida drenaje bajo losa.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°38 Observaciones de calidad para la partida drenaje bajo losa.  
Fuente: Elaboración propia

| Partida                      | Problema                      | Control  |
|------------------------------|-------------------------------|--|
| Tubería de drenaje enterrado | Material de la tubería        | Verificación de la rigidez circular de la tubería, tipo de material, diámetro.                             |
| Tubería de drenaje enterrado | Posicionamiento de la tubería | Verificación de la pendiente de diseño   |
| Prueba hidráulica            | Ensayo de estanqueidad        | Los ensayos tienen una duración de 24h, se realizaban antes y después de los rellenos de suelo y concreto. |

### 5.1.9. Escaleras

Las escaleras son estructuras de concreto armado que forman parte de los elementos complementarios de las estaciones, la función de estos elementos es permitir el tránsito a desnivel existente entre la vía, cubierta, prevestíbulo, vestíbulo y el andén de las estaciones, según el tipo estas pueden clasificarse como escalera de acceso o salidas de emergencia según su ubicación en las estaciones. Los trabajos para su ejecución inician con el trazo y replanteo de los muros de apoyo, luego se procede a realizar los anclajes de aceros de refuerzo según la profundidad requerida por el diseño, estos procedimientos son validados a partir de ensayos no destructivos de tracción, después de habilita el acero de refuerzo de los muros de apoyo, culminado esta actividad se realiza el control de la cuantía y distribución del refuerzo que conforman los muros para continuar con la habilitación de los encofrados y finalmente realizar la colocación del concreto que conforman los muros de apoyo. Luego se realiza la instalación de la cimbra que soporta la masa de concreto y acero que conforman a la estructura, sobre la cimbra se montan los encofrados bajo la losa de la escalera, cabe mencionar que la losa de la escalera es soportada por muros de apoyo.



Figura N°91 Proceso constructivo de la partida escaleras (1-2).

Fuente: Elaboración propia

La losa de la escalera se encuentra conectada a los muros pantalla mediante anclajes adhesivos post instalados, entonces se realiza el corte superficial de concreto en los muros pantalla hasta descubrir la armadura y anclar los aceros de refuerzo según la profundidad requerida por el diseño, estos procedimientos son validados a partir de ensayos no destructivos de tracción. Se requiere de encofrados en 2 direcciones para las escaleras, la primera en dirección inclinada para formar la cara inferior de la losa y otra en sentido vertical para formar los bordes y pasos de la escalera, cabe mencionar que los encofrados verticales se realizan luego de encontrarse liberado el acero de refuerzo de la estructura, en ambas situaciones se realiza un control topográfico para verificar las posiciones y dimensiones correspondientes de la losa.



Figura N°92 Proceso constructivo de la partida escaleras (3-6).

Fuente: Elaboración propia

Entonces una vez se tenga formado el encofrado bajo la losa se procede a realizar el armado del acero de refuerzo de la losa de escalera, culminado esta actividad se realiza el control de la cuantía y distribución del acero de refuerzo que conforma la losa de escalera.



Figura N°93 Proceso constructivo de la partida escaleras (7-8).

Fuente: Elaboración propia

Por último, se habilitan los encofrados verticales de la escalera. El hormigonado de las escaleras se realiza en una sola etapa, luego del hormigonado se desarrolla la actividad de curado y estos elementos se aprueban cuando alcanzan la resistencia especificada en el diseño y se encuentre libre de patologías que afecten dicha resistencia.



Figura N°94 Proceso constructivo de la partida escaleras (9).

Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “escaleras”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual está representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

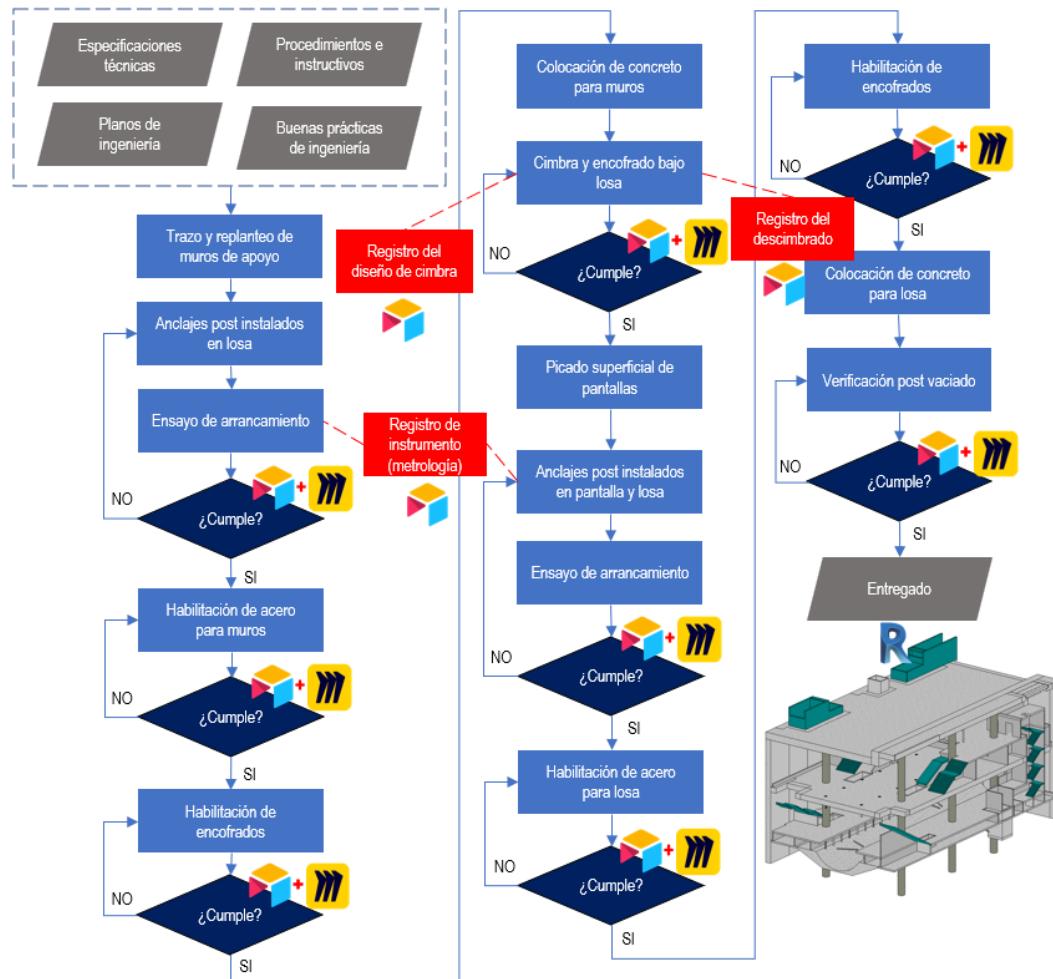
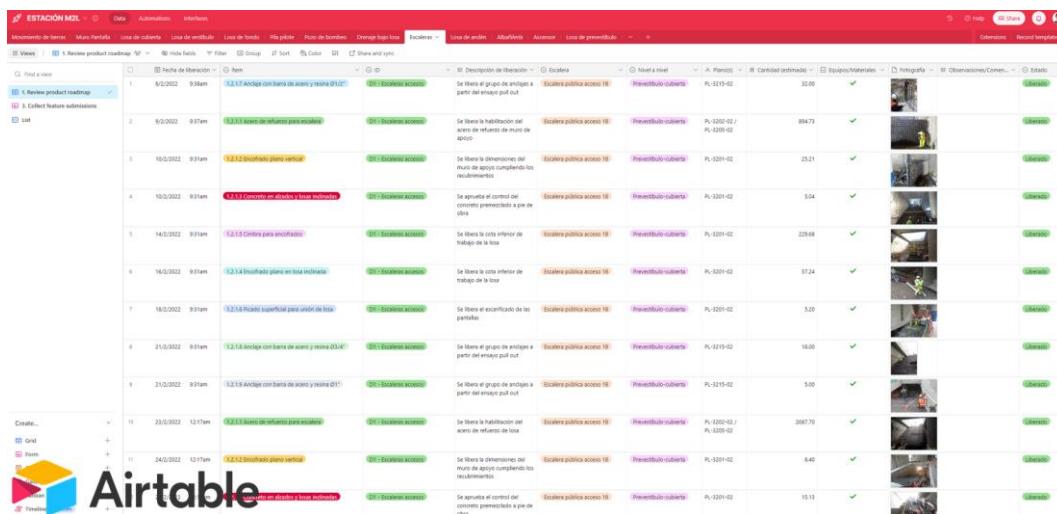


Figura N°95 Flujograma de control de actividades para la ejecución de las escaleras.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida escaleras, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Ensayo de tracción en anclajes post instalados en losa.
  - Habilitación de acero para muros.
  - Habilitación de encofrados para muros.
  - Concreto premezclado a pie de obra para muros.
  - Cimbra y encofrado bajo losa.
  - Picado superficial de pantallas.
  - Ensayo de tracción en anclajes post instalados en pantallas y losa.
  - Habilitación de acero de refuerzo para losa.
  - Habilitación de encofrado para losa.
  - Concreto premezclado a pie de obra para losa.
  - Verificación post colocación de concreto.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.



The screenshot shows a table in the Airtable interface. The columns are: #, Fecha de liberación, Item, Descripción de liberación, Estado, Nivel a nivel, A. Planos, B. Cantidad estimada, C. Equipo/Materiales, D. Fotografía, and E. Observaciones/Comentarios. The data includes:

- Row 1: 1. Review product roadmap, 6/2/2022 9:36am, 1.2.1.7 Anclaje con barra de acero y resina (PUL), Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3210-02, 32.00, ✓, 
- Row 2: 2. 9/2/2022 9:37am, 1.2.1.8 Anclaje de refuerzo para escalera, Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3209-02, 884.73, ✓, 
- Row 3: 3. 10/2/2022 9:39am, 1.2.1.9 Escalera plana vertical, Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3201-02, 25.21, ✓, 
- Row 4: 4. 10/2/2022 9:39am, 1.2.1.10 Cierre en diámetro a través de la escalera, Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3201-02, 5.04, ✓, 
- Row 5: 5. 14/2/2022 9:39am, 1.2.1.15 Cierre para escaleras, Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3201-02, 229.48, ✓, 
- Row 6: 6. 14/2/2022 9:39am, 1.2.1.16 Escalera plana en losa inclinada, Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3201-02, 57.24, ✓, 
- Row 7: 7. 16/2/2022 9:39am, 1.2.1.18 Piso/superficie para unión de losa, Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3201-02, 5.20, ✓, 
- Row 8: 8. 21/2/2022 9:39am, 1.2.1.19 Anclaje con barra de acero y resina (PUL), Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3210-02, 16.00, ✓, 
- Row 9: 9. 21/2/2022 9:39am, 1.2.1.20 Anclaje con barra de acero y resina (PUL), Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3210-02, 5.00, ✓, 
- Row 10: 10. 23/2/2022 12:17pm, 1.2.1.21 Anclaje de refuerzo para escalera, Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3209-02 / P-3209-02, 2007.70, ✓, 
- Row 11: 11. 24/2/2022 12:17pm, 1.2.1.22 Escalera plana vertical, Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3201-02, 8.40, ✓, 
- Row 12: 12. 24/2/2022 12:17pm, 1.2.1.23 Cierre en diámetro a través de la escalera, Escalera acceso, Escalera pública acceso 18, Prevestibulo-cubierta, P-3201-02, 15.13, ✓, 

Figura N°96 Tablero Airtable para la partida escaleras.  
Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “escaleras” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resalte de colores, para la presente partida se cuenta con los planos de vista en elevación de todas las escaleras de la estación para facilitar el avance del desarrollo de las escaleras de acceso y de emergencia.

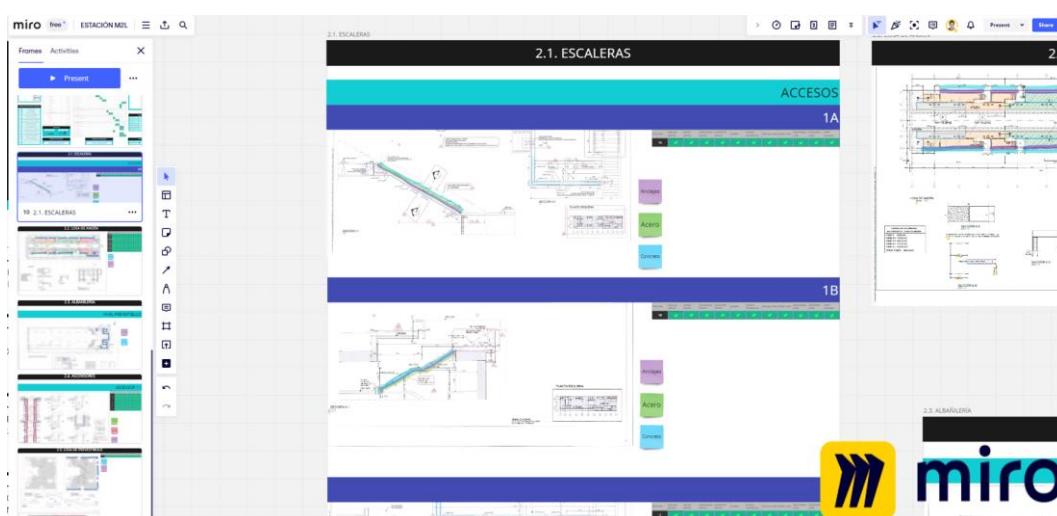


Figura N°97 Panel Miro para la partida escaleras.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°39 Observaciones de calidad para la partida escaleras.

Fuente: Elaboración propia

| Partida                | Acontecimiento                    | Control   |
|------------------------|-----------------------------------|---|
| Cimbra para encofrados | Modulación del cimbrado           | Se efectúa la verificación mediante los planos de diseño de la cimbra.                              |
| Cimbra para encofrados | Desencofrado de cimbra            | Se realizan luego de corroborar la mínima resistencia a la compresión del concreto de la escalera.  |
| Concreto en escalera   | Colocación del concreto en rampas | Se controla la fluidez de concreto adecuado para la losa inclinada ante el riesgo de escurrimiento. |

#### 5.1.10. Losa de andén

La losa de andén es una estructura de concreto armado que forma parte de los elementos complementarios de las estaciones, su funcionalidad está destinada en ser las plataformas de espera para que los usuarios del metro ocupen los vagones. Los trabajos para su ejecución inician con la instalación de las placas grecadas que funcionan como encofrado perdido de la losa, estas placas soportan la masa de concreto y acero que conforman a la estructura, cabe mencionar que la losa de andén es soportada por muros de albañilería ejecutadas previo a la construcción de la losa.



Figura N°98 Proceso constructivo de la partida losa de andén (1-2).

Fuente: Elaboración propia

La losa de andén se encuentra conectada a los muros pantalla mediante anclajes adhesivos post instalados, entonces se realiza el corte superficial de concreto en las pantallas hasta descubrir la armadura y anclar los aceros de refuerzo según la profundidad requerida por el proyecto, estos procedimientos son validados a partir de ensayos no destructivos de tracción. Al igual que las losas principales de la estaciones, para formar su geometría se requiere de encofrados en 2 direcciones, la primera en dirección horizontal para formar la cara inferior de la losa es tomada por la placa grecada y otra en sentido vertical para formar los bordes de la misma, cabe mencionar que los encofrados verticales se realizan luego de encontrarse liberado el acero de refuerzo de la estructura, en ambas situaciones se realiza un control topográfico para verificar las posiciones y dimensiones correspondientes de la losa. Entonces una vez se tenga formado el encofrado perdido bajo la losa se procede a realizar el armado del acero de refuerzo de la losa de andén, culminado esta actividad se realiza el control de la cuantía y distribución del refuerzo que conforma la losa de andén.



Figura N°99 Proceso constructivo de la partida losa de andén (3-4).  
Fuente: Elaboración propia

El hormigonado de la losa de andén se realiza por sectores debido al gran volumen que se necesita para conformarla, es así que las juntas de construcción son planificadas y aprobadas previamente antes del hormigonado por sector. Por último, se desarrolla la actividad del curado de la losa, esta se aprueba cuando alcanza la resistencia específica y se encuentre libre de patologías que afecten dicha resistencia.



Figura N°100 Proceso constructivo de la partida losa de andén (5-6).  
Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “losa de andén”.

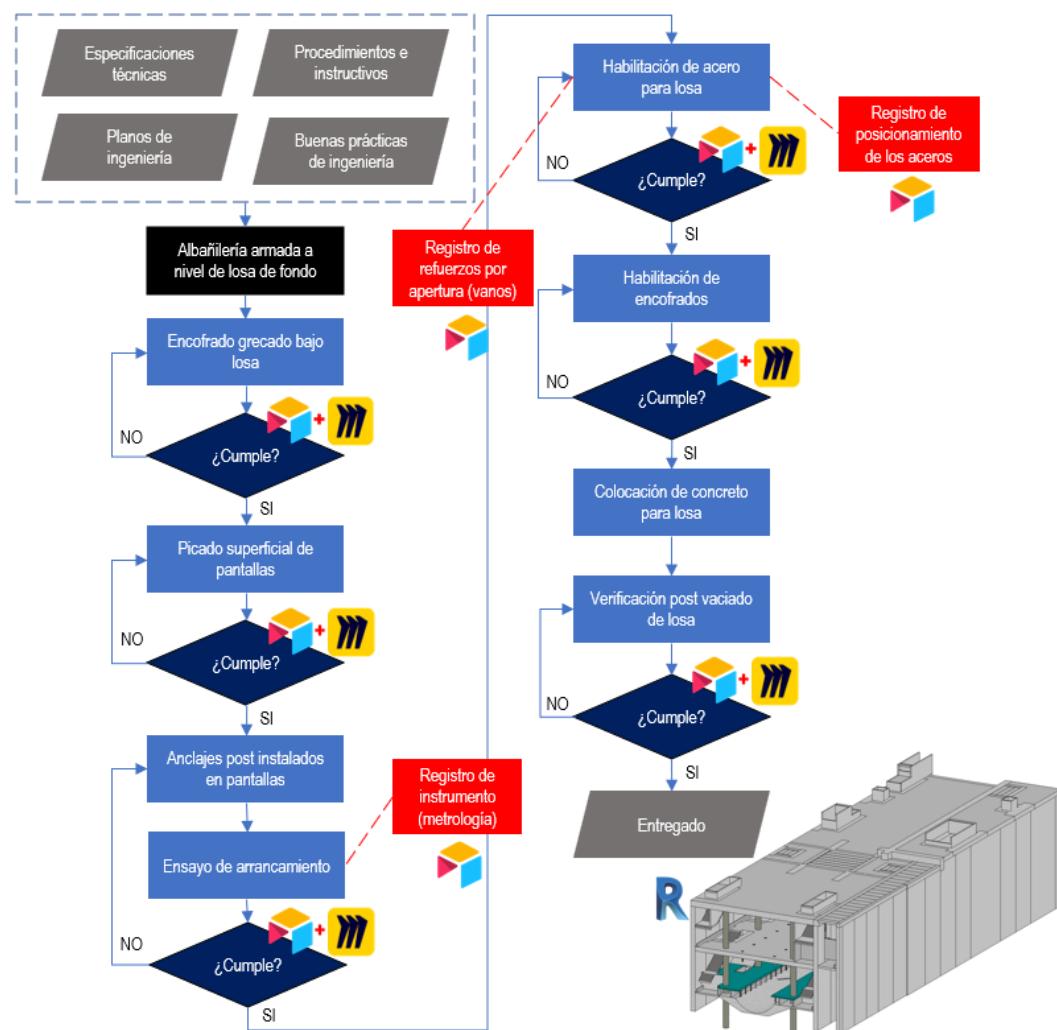


Figura N°101 Flujo de control de actividades para la ejecución de la losa de andén.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida losa de andén, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Encofrado grecado bajo losa.
- Picado superficial de pantallas.
- Ensayo de tracción en anclajes post instalados en pantallas.
- Habilitación de acero de refuerzo para losa.
- Habilitación de encofrado para losa.
- Concreto premezclado a pie de obra para losa.
- Verificación post colocación de concreto.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

Figura N°102 Tablero Airtable para la partida losa de andén.

Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “losa de andén” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resaltos de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en planta de la losa de andén para facilitar el avance del desarrollo de cada fase o sector de losa.

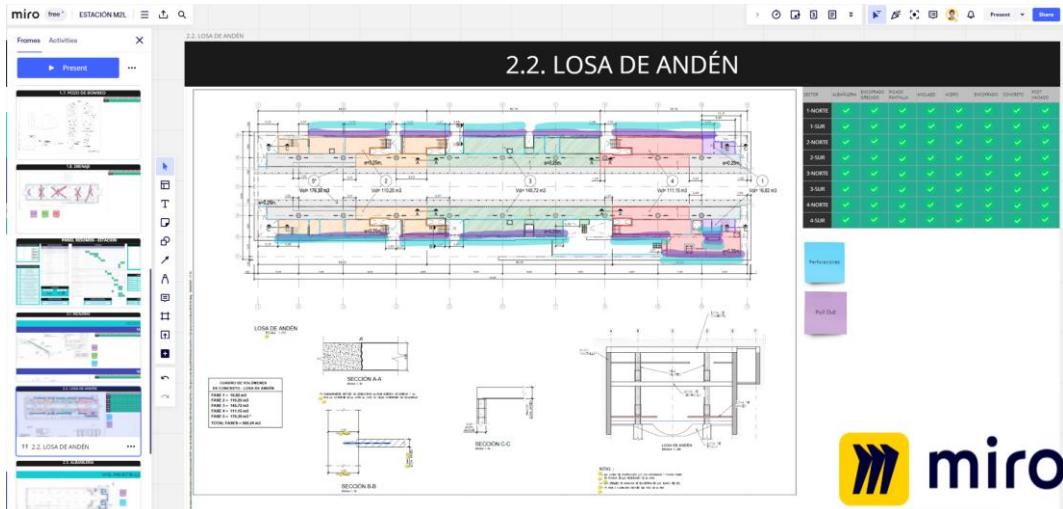


Figura N°103 Panel Miro para la partida losa de andén.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°40 Observaciones de calidad para la partida losa de andén.

Fuente: Elaboración propia

| Partida                     | Acontecimiento                        | Control   |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|
| Acero de refuerzo para losa | Vanos para instalaciones.             | Se verificaban los refuerzos de borde correspondientes.                                       |
| Acero de refuerzo para losa | Posición de acero habilitado en losa. | Se verificaban las posiciones en los valles de los aceros al constituir una losa colaborante. |

### 5.1.11. Albañilería

Los muros que conforman los ambientes de las estaciones utilizan el sistema de albañilería armada y forma parte de los elementos complementarios de las estaciones.

Los trabajos para su ejecución inician con el trazo y replanteo sobre losa, luego de verificar este posicionamiento se realizan las conexiones mediante anclajes adhesivos post instalados para formar la armadura vertical del muro, estos procedimientos son validados a partir de ensayos no destructivos de tracción, luego se realizan los trabajos de asentado de unidades de albañilería en conjunto con el armado del acero horizontal del muro, cabe mencionar que la altura de los

muros está restringido por cada jornada, entonces una vez alcance la altura especificada de cada ambiente se realiza la limpieza de las celdas de albañilería a partir de las ventanas cortadas previo al asentado.



Figura N°104 Proceso constructivo de la partida albañilería (1-2).  
Fuente: Elaboración propia

La preparación del concreto que es vertido en las celdas de la albañilería es preparada en obra, este concreto debe cumplir con características de fluidez particulares que permitan su facilidad en la colocación. Por último, luego de la colocación del concreto se realizan las inspecciones post vaciado y se aprueban cuando alcanza la resistencia especificada y se encuentre libre de patologías que afecten dicha resistencia.

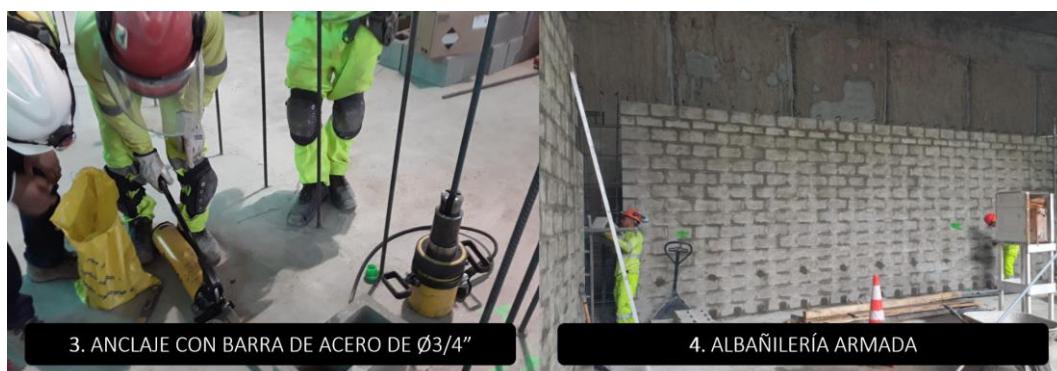


Figura N°105 Proceso constructivo de la partida albañilería (3-4).  
Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “muros”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual está representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

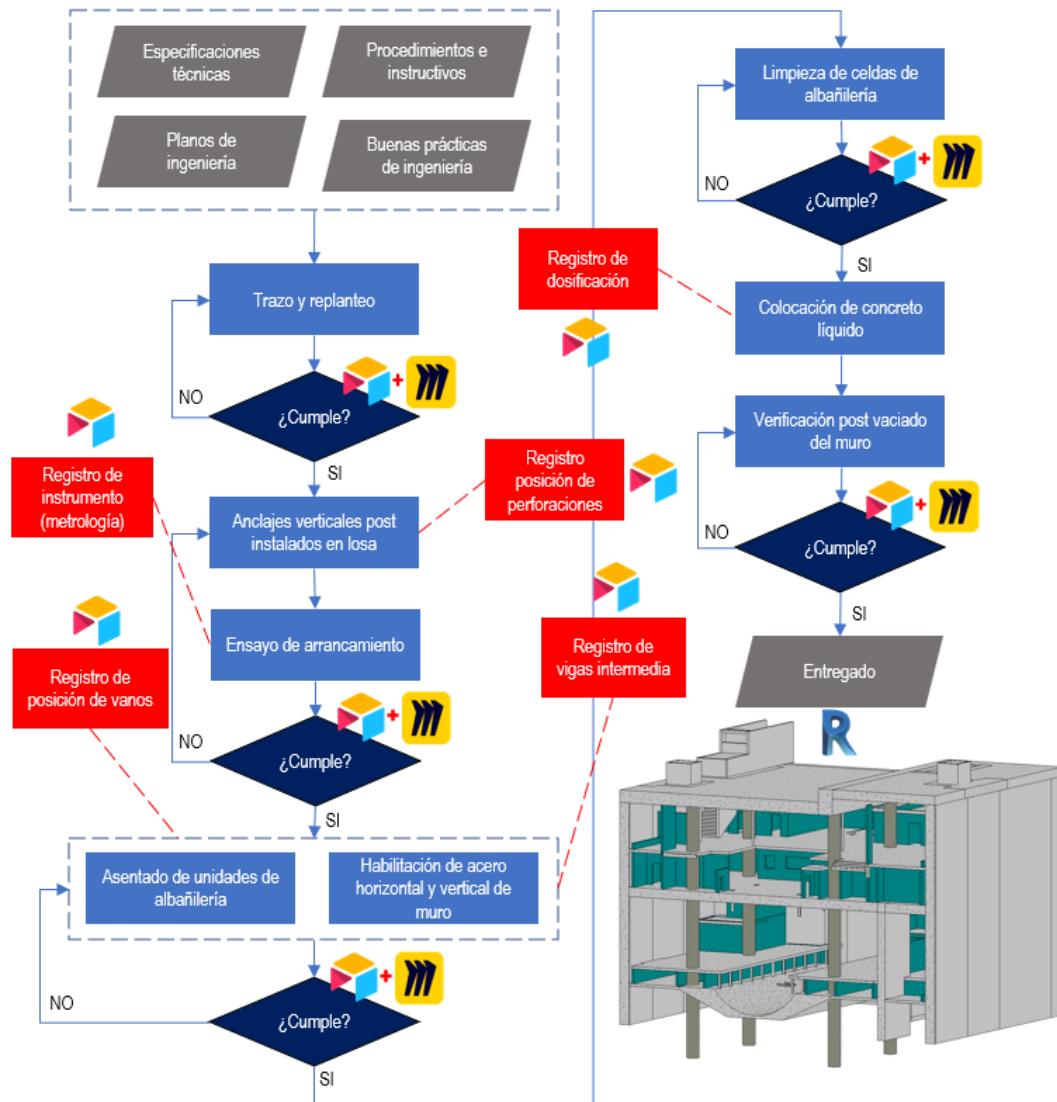


Figura N°106 Flujograma de control de actividades para la ejecución de la albañilería.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida muros, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Trazo y replanteo.
- Ensayo de tracción en anclajes post instalados en losa.
- Asentado de unidades de albañilería.
- Habilitación de acero horizontal y vertical de muro.
- Limpieza de celdas de albañilería.
- Concreto mezclado a pie de obra para albañilería.
- Verificación post colocación de muro.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

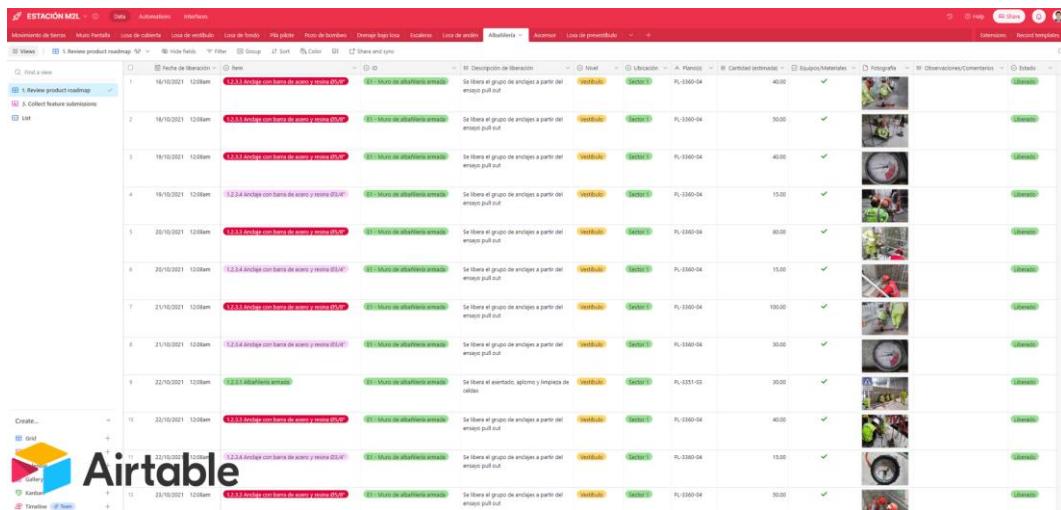


Figura N°107 Tablero Airtable para la partida albañilería.  
Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “muros” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resalte de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en planta de cada nivel que cuenta con albañilería para facilitar el avance del desarrollo de los anclajes, asentados y vertidos de concreto líquido.

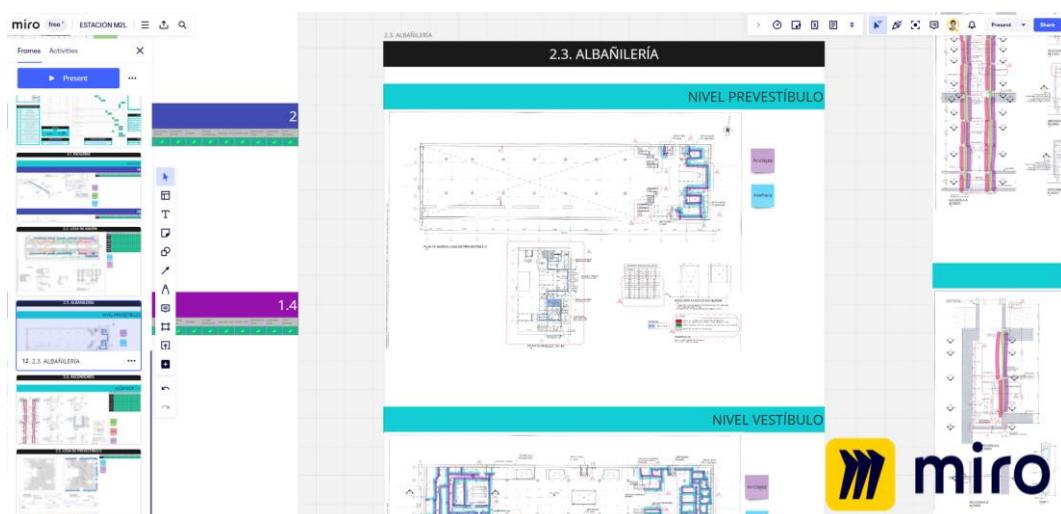


Figura N°108 Panel Miro para la partida albañilería.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°41 Observaciones de calidad para la partida albañilería.

Fuente: Elaboración propia

| Partida                    | Acontecimiento                              | Control   |
|----------------------------|---|---|
| Anclaje con barra de acero | Problemas con las perforaciones sobre losa. | Solo en zonas densas se posicionaban las barras de acero embebidos en losa antes de la colocación del concreto.       |
| Albañilería armada         | Posición de cruces ortogonales de muros     | Se replanteaban las esquinas para posicionar los aceros verticales correspondientes.                                  |
| Albañilería armada         | Posición de vigas intermedias               | Se determinaron las cotas de inicio de vigas intermedias para rigidizar los muros esbeltos, a partir de modulaciones. |
| Albañilería armada         | Posicionamiento de los vanos                | Se verificaba el replanteo de los vanos, asegurando la dimensión correcta.  |

### 5.1.12. Ascensores

Los ascensores son estructuras de concreto armado que forma parte de los elementos complementarios de las estaciones, su funcionalidad está destinada en brindar acceso a los distintos niveles de las estaciones. Los trabajos para su ejecución inician el trazo y replanteo de los muros laterales que conforman el ascensor, es en el trazo sobre la losa y la pantalla que se realizan las conexiones mediante anclajes adhesivos post instalados para formar los conectores de corte en la estructura, estos procedimientos son validados a partir de ensayos no destructivos de tracción, luego se realiza la habilitación del acero de refuerzo.



Figura N°109 Proceso constructivo de la partida ascensores (1-2).  
Fuente: Elaboración propia

Luego de verificar su cuantía y distribución del refuerzo se habilitan los encofrados que conformarán la geometría de los muros, luego de la verificación topográfica de los moldes se realiza la colocación de concreto sobre los muros y posteriormente el curado correspondiente, es importante tener en cuenta que estos muros de ascensor se desarrollan por anillos en toda la elevación del diseño que corresponda. Por último, luego de la colocación del concreto se realizan las inspecciones post vaciado, el elemento se aprueba cuando alcanza la resistencia especificada y se encuentre libre de patologías que afecten dicha resistencia.



Figura N°110 Proceso constructivo de la partida albañilería (3-4).  
Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “ascensores”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual está representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

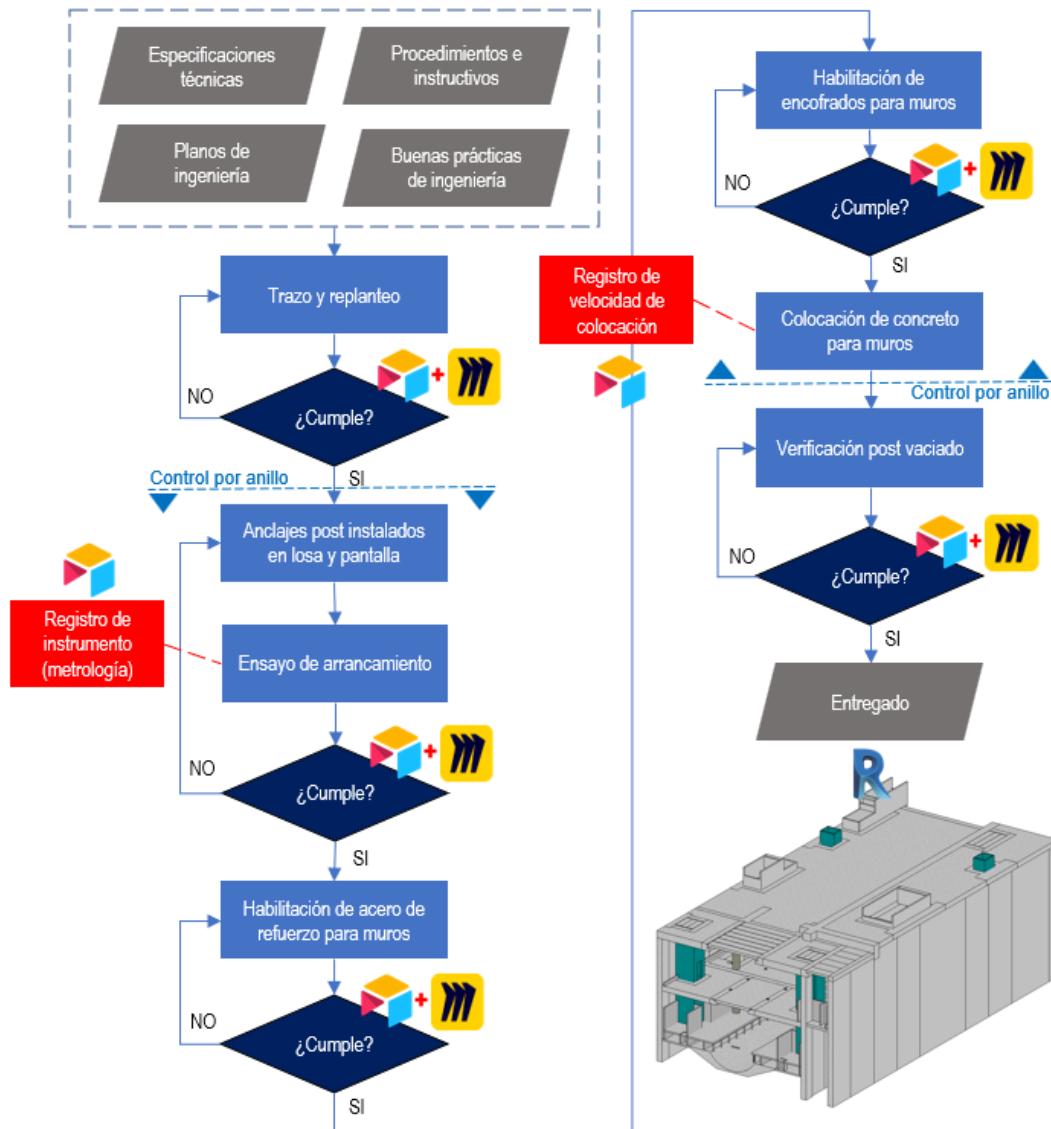
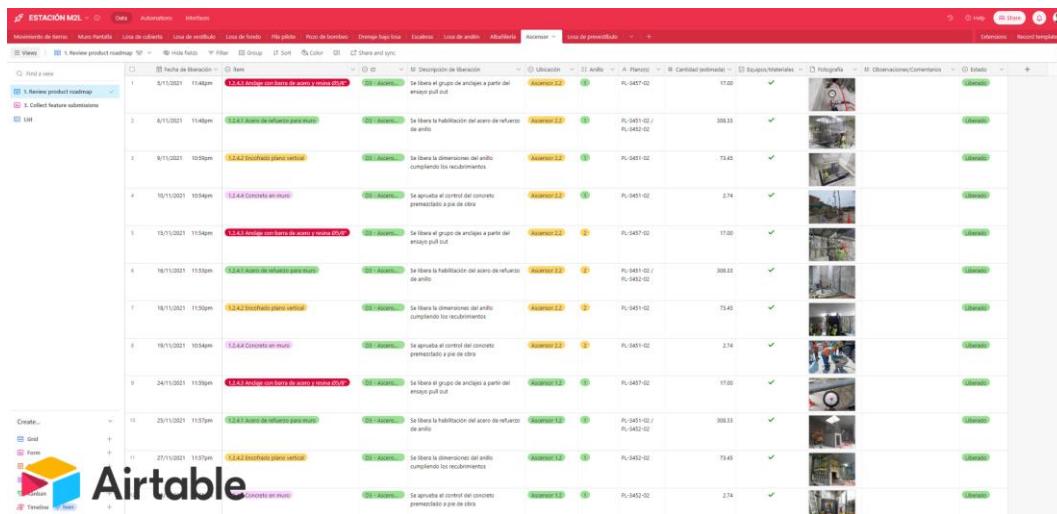


Figura N°111 Flujograma de control de actividades para la ejecución de los ascensores.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida ascensores, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Trazo y replanteo.
- Ensayo de tracción en anclajes post instalados en losa y pantalla.
- Habilitación de acero de refuerzo en muro.
- Habilitación de encofrados en muro.
- Concreto premezclado a pie de obra para muro.
- Verificación post colocación de concreto.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.



The screenshot shows a table in the Airtable interface. The columns are: Fecha de liberación (Release Date), Hora (Time), Descripción de liberación (Release Description), Ubicación (Location), Estado (Status), and Fotos (Photos). The data includes:

- Row 1: 5/11/2021 11:45pm, 1.2.4.1 Anclaje con fuerza de agarre y tensión 250%, Se libera el grupo de anclajes a partir del ensayo pull out, Ascensor 2.2, Pl-5451-02, 17.00, ✓, Photo
- Row 2: 6/11/2021 11:45pm, 1.2.4.1 Anclaje de refuerzo para suelo, Se libera la habilitación del acero de refuerzo de anillo, Ascensor 2.2, Pl-5451-02 / Pl-5452-02, 308.33, ✓, Photo
- Row 3: 9/11/2021 10:55pm, 1.2.4.2 Escofado placa vertical, Se libera las dimensiones del anillo cumpliendo los requerimientos, Ascensor 2.2, Pl-5451-02, 73.43, ✓, Photo
- Row 4: 10/11/2021 10:54pm, 1.2.4.4 Concreto en muro, Se aprueba el control del concreto premescolado a pie de obra, Ascensor 2.2, Pl-5451-02, 2.74, ✓, Photo
- Row 5: 15/11/2021 11:54pm, 1.2.4.1 Anclaje con fuerza de agarre y tensión 250%, Se libera el grupo de anclajes a partir del ensayo pull out, Ascensor 2.2, Pl-5451-02, 17.00, ✓, Photo
- Row 6: 16/11/2021 11:55pm, 1.2.4.1 Anclaje de refuerzo para suelo, Se libera la habilitación del acero de refuerzo de anillo, Ascensor 2.2, Pl-5451-02 / Pl-5452-02, 308.33, ✓, Photo
- Row 7: 18/11/2021 11:55pm, 1.2.4.2 Escofado placa vertical, Se libera las dimensiones del anillo cumpliendo los requerimientos, Ascensor 2.2, Pl-5451-02, 73.43, ✓, Photo
- Row 8: 18/11/2021 10:54pm, 1.2.4.4 Concreto en muro, Se aprueba el control del concreto premescolado a pie de obra, Ascensor 2.2, Pl-5451-02, 2.74, ✓, Photo
- Row 9: 24/11/2021 11:55pm, 1.2.4.1 Anclaje con fuerza de agarre y tensión 250%, Se libera el grupo de anclajes a partir del ensayo pull out, Ascensor 2.2, Pl-5451-02, 17.00, ✓, Photo
- Row 10: 25/11/2021 11:57pm, 1.2.4.1 Anclaje de refuerzo para suelo, Se libera la habilitación del acero de refuerzo de anillo, Ascensor 2.2, Pl-5451-02 / Pl-5452-02, 308.33, ✓, Photo
- Row 11: 27/11/2021 11:57pm, 1.2.4.2 Escofado placa vertical, Se libera las dimensiones del anillo cumpliendo los requerimientos, Ascensor 2.2, Pl-5452-02, 73.43, ✓, Photo
- Row 12: 27/11/2021 11:57pm, 1.2.4.4 Concreto en muro, Se aprueba el control del concreto premescolado y pie de obra, Ascensor 2.2, Pl-5452-02, 2.74, ✓, Photo

Figura N°112 Tablero Airtable para la partida ascensores.  
Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “ascensores” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resalte de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en elevación de todos los ascensores para facilitar el avance del desarrollo de cada anillo por ascensor.

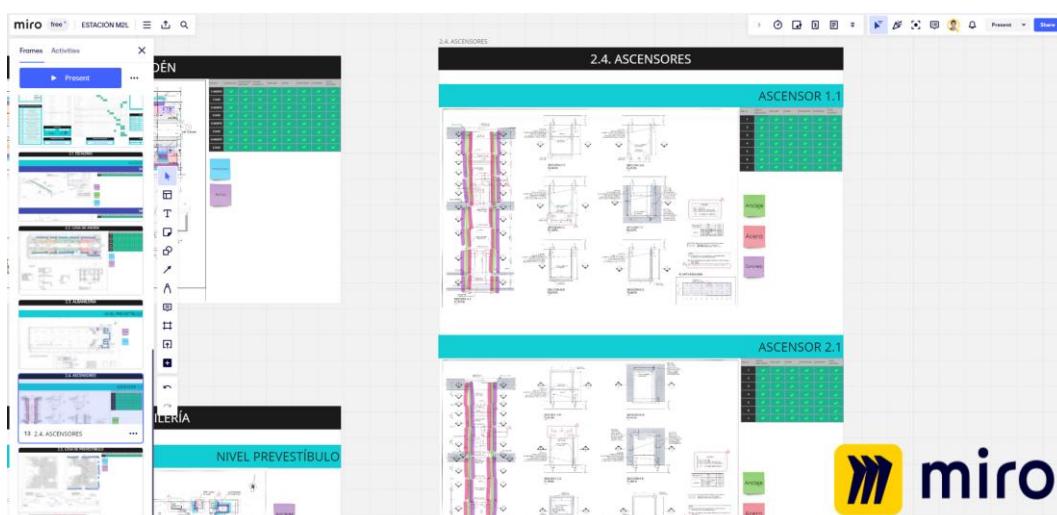


Figura N°113 Panel Miro para la partida ascensores.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°42 Observaciones de calidad para la partida ascensores.  
Fuente: Elaboración propia

| Partida          | Acontecimiento                      | Control   |
|------------------|-------------------------------------|---|
| Concreto en muro | Colocación del concreto por anillo. | Se verificaba la velocidad de vaciado para minimizar los desplazamientos de los encofrados. |

### 5.1.13. Losa de prevestíbulo

La losa de prevestíbulo es una estructura de concreto armado que forma parte de los elementos complementarios de las estaciones, su funcionalidad está destinada a brindar el paso a desnivel de los transeúntes para cruzar la vía donde se realiza el emplazamiento de una estación.

Los trabajos para su ejecución inician con la instalación de la cimbra que soporta la masa de concreto y acero que conforman a la estructura, luego sobre la cimbra se montan los encofrados bajo losa, cabe mencionar que la losa de prevestíbulo es soportada por muros de albañilería ejecutadas con previo a la construcción de esta losa.



Figura N°114 Proceso constructivo de la partida losa de prevestíbulo (1-2).  
Fuente: Elaboración propia

Al igual que las losas principales de la estaciones, para formar su geometría se requiere de encofrados en 2 direcciones, la primera en dirección horizontal para formar la cara inferior de la losa y otra en sentido vertical para formar los bordes de la misma, cabe mencionar que los encofrados verticales se realizan luego de

encontrarse liberado el acero de refuerzo de la estructura, en ambas situaciones se realiza un control topográfico para verificar las posiciones y dimensiones correspondientes de la losa. Entonces una vez se tenga formado el encofrado bajo la losa se procede a realizar el armado del acero de refuerzo de la losa de prevestíbulo y la instalación de los tensores que sujetan a la losa de prevestíbulo desde la losa de cubierta, culminado esta actividad se realiza el control de la cuantía y distribución del refuerzo que conforma la losa de prevestíbulo.



Figura N°115 Proceso constructivo de la partida losa de prevestíbulo (3-4).  
Fuente: Elaboración propia

El hormigonado de la losa de prevestíbulo se realiza en una sola etapa, luego del hormigonado se desarrolla la actividad del curado de la losa, esta se aprueba cuando alcanza la resistencia especificada y se encuentre libre de patologías que afecten dicha resistencia.

Por último, sobre el perímetro de la losa de vestíbulo se ejecuta una canaleta de concreto denominada cámara bufa, cuya función es drenar las aguas residuales de la caja de la estación.



Figura N°116 Proceso constructivo de la partida losa de prevestíbulo (5-6).  
Fuente: Elaboración propia

El flujograma que se presenta a continuación muestra el proceso para desarrollar la partida de “losa de prevestíbulo”, este proceso tiene como entrada las documentaciones que permiten determinar las inspecciones de esta partida la cual está representada por los rombos hasta alcanzar la liberación y entrega del alcance de la partida.

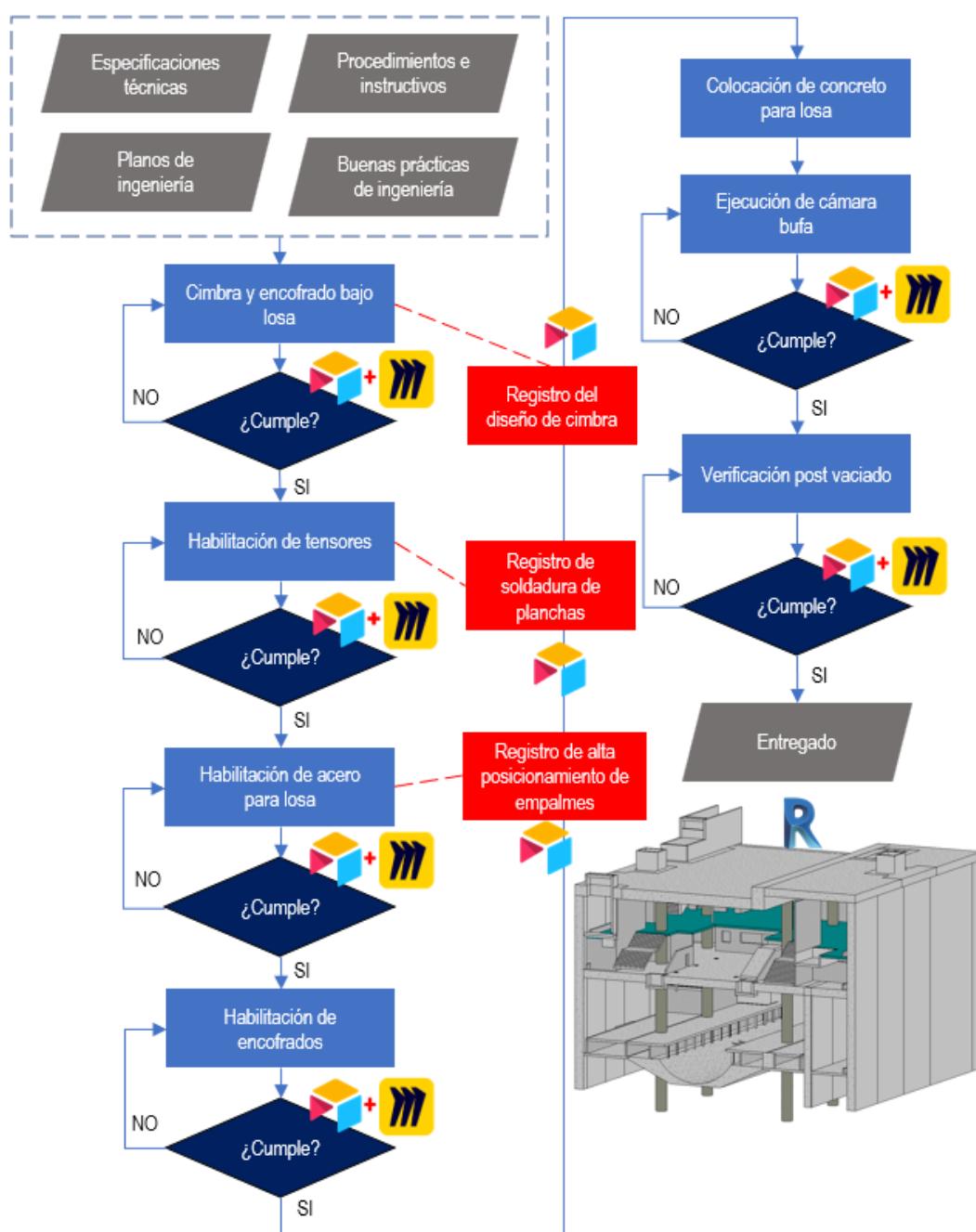


Figura N°117 Flujograma de control de actividades para la ejecución de la losa de prevestíbulo.  
Fuente: Elaboración propia

En el tablero Airtable se recopilan todas las liberaciones que corresponden a la partida losa de prevestíbulo, las inspecciones que desarrolla el flujograma son las siguientes:

- Cimbra y encofrado bajo losa.
- Habilitación de tensores.
- Habilitación de acero de refuerzo para losa
- Habilitación de encofrados en losa.
- Concreto premezclado a pie de obra para losa.
- Ejecución de cámara bufa.
- Verificación post colocación de concreto.

Todas estas inspecciones registradas en Airtable son de utilidad para poder validar las valorizaciones del proyecto y determinar el avance físico del proyecto.

| Fecha de liberación | Item                                | Descripción de liberación   | Estado       |
|---------------------|-------------------------------------|---|--------------|
| 30/11/2021 8:32pm   | 1.2.3.1 Cimbra para encofrado       | Se libera la cinta inferior de trabajo de la losa                 | En ejecución |
| 3/12/2021 8:32pm    | 1.2.3.1 Encofrado para tensores     | Se libera la cinta inferior de trabajo de la losa                 | En ejecución |
| 27/12/2021 8:32pm   | 1.2.3.2 Acero de refuerzo para losa | Se libera la habilitación del acero de refuerzo de la losa        | En ejecución |
| 28/12/2021 8:32pm   | 1.2.3.4 Encofrado plato vertical    | Se libera la dimensiones de la losa cumpliendo los requerimientos | En ejecución |
| 29/12/2021 8:32pm   | 1.2.3.5 Colocación en losa          | Se aprueba el control del concreto premezclado a pie de obra      | En ejecución |
| 15/1/2022 8:32pm    | 1.2.3.6 Formación de cámara bufa    | Se aprueba el control del concreto premezclado a pie de obra      | En ejecución |

Figura N°118 Tablero Airtable para la partida losa de prevestíbulo.

Fuente: Elaboración propia

El panel de Miro desarrolla la ventana automática de la partida “losa de prevestíbulo” donde visualmente se puede tener el alcance de las inspecciones realizadas con el apoyo visual de la ubicación en los planos cargados en la ventana y los resaltes de colores, para la presente partida se cuenta con el plano de vista en planta de la losa de prevestíbulo para facilitar el avance del desarrollo de la cámara bufa.

En el panel de Miro se resaltaban las áreas que se ejecutaban a medida que se desarrollaban las inspecciones a partir de la paleta de colores que contaba la plataforma y así diferenciar los controles e inspecciones (Anclajes, Pull Out, Asentado de bloques, etc.), también se asignaron notas sobre el plano en planta por observaciones del proyecto.

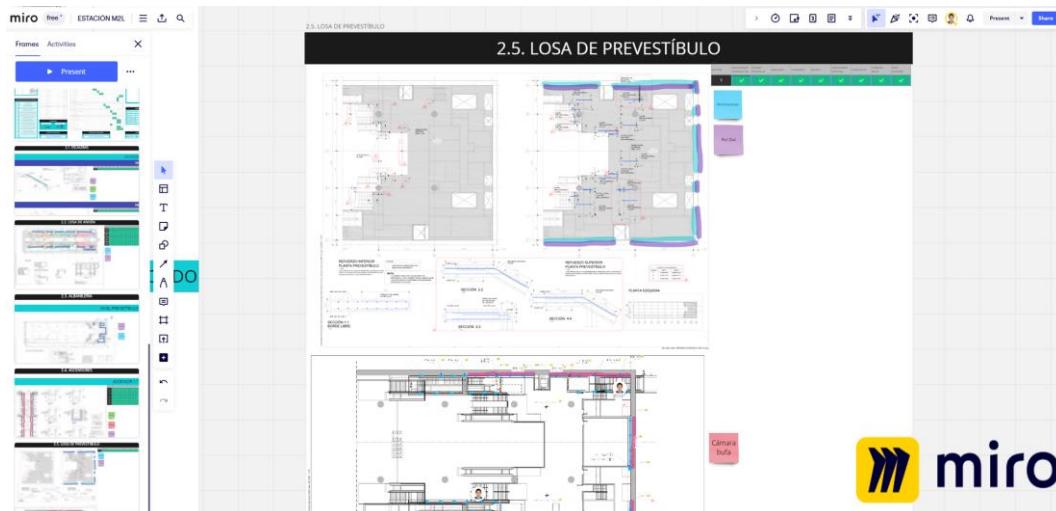


Figura N°119 Panel Miro para la partida losa de prevestíbulo.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las incidencias de calidad del producto para la partida movimiento de tierras durante el ejercicio de la supervisión de obras:

Tabla N°43 Observaciones de calidad para la partida losa de prevestíbulo.  
Fuente: Elaboración propia

| Partida                     | Acontecimiento                    | Control  |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| Cimbra para encofrados      | Modulación del cimbrado           | Se verifica la modulación de los elementos que conforman el diseño de la cimbra.           |
| Acero de refuerzo para losa | Posición de los empalmes de acero | Se retiraban los empalmes en zonas de máximos esfuerzos.                                   |
| Acero de refuerzo para losa | Planchas embebidas en losa.       | Se revisan las soldaduras que se utilizar para unir las barras con las planchas metálicas. |

## 5.2. CONTROL DE LAS VALORIZACIONES Y AVANCES FÍSICOS TRIMESTRALES DEL PROYECTO

### 5.2.1. Primer trimestre de control

En el primer trimestre se ejecutaron las excavaciones masivas hasta plataforma de trabajo que permitieron construir las cimentaciones de la estación como lo son los muros pantalla y pilas pilotes. En el alcance de movimiento de tierras se ejecutó el desbroce y limpieza de terreno.

Tabla Nº44 Valorización del movimiento de tierras a partir de la cantidad estimada en Airtable.  
Fuente: Elaboración propia

| Ítems | Descripción                          | Und | Metrado | Precio | Monto (\$)           | Cantidad | Monto Val. (\$)  |
|-------|--------------------------------------|-----|---------|--------|----------------------|----------|------------------|
| 1     | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> |     |         |        | <b>18,890,567.15</b> |          |                  |
| 1.1   | Estructuras primarias                |     |         |        | 17,163,408.37        |          |                  |
| 1.1.1 | <b>Movimiento de tierras</b>         |     |         |        | <b>2,369,281.43</b>  |          | <b>17,082.52</b> |
|       |                                      |     |         |        |                      |          |                  |

ESTACIÓN M2L

| Movimiento de tierras | Muro Partitura | Losa de cubierta | Losa de vestíbulo | Losa de fondo | Pila pilote | Poco de bombos | Drenaje bajo losa | Escaleras | Losa de andén | Altanerías | Ascensor | Losa de prevestíbulo | + |
|-----------------------|----------------|------------------|-------------------|---------------|-------------|----------------|-------------------|-----------|---------------|------------|----------|----------------------|---|
| 1                     |                |                  |                   |               |             |                |                   |           |               |            |          |                      |   |

Views

| Fecha de liberación | Item                                    | ID  | Descripción de liberación  | A. Plano(s) | Cantidad (estimada) | Equipos/Materiales | Fotografía   | Observaciones/Comentarios                       | Estado |
|---------------------|---|---|--|-------------|---------------------|--------------------|--|---|--------|
| 18/12/2020 9:03am   | 1.1.1.1 Desbroce y limpieza del terreno | A1 - Pre excavación hasta plataforma de trabajo | Se liberó el ordenance de acuerdo al pliego de desbroce y demolición | PL-0701-00  | 4,693.00            |                    |  | Se trataron los arboles a los vivos autorizados | Libre  |

|         |                                      |    |            |       |              |          |           |
|---------|--------------------------------------|----|------------|-------|--------------|----------|-----------|
| 1.1.1.1 | Desbroce y limpieza del terreno      | m2 | 4,693.00   | 3.64  | 17,082.52    | 4,693.00 | 17,082.52 |
| 1.1.1.2 | Excavación a cielo abierto           | m3 | 16,295.96  | 2.22  | 36,177.03    | -        | -         |
| 1.1.1.3 | Excavación bajo losa de cubierta     | m3 | 30,110.30  | 7.67  | 230,946.00   | -        | -         |
| 1.1.1.4 | Excavación bajo losa de vestíbulo    | m3 | 34,634.60  | 16.15 | 559,348.79   | -        | -         |
| 1.1.1.5 | Transporte a vertedero de excavación | m3 | 103,373.34 | 12.58 | 1,300,436.62 | -        | -         |
| 1.1.1.6 | Descarga y depósito de excavación    | m3 | 103,373.34 | 1.51  | 156,093.74   | -        | -         |
| 1.1.1.7 | Relleno sobre losa de cubierta       | m3 | 9,250.90   | 7.48  | 69,196.73    | -        | -         |

Los muros pantalla son registrados en Airtable y estos fueron los resultados:

Figura N°120 Registro de las partidas de muro pantalla para el primer trimestre en Airtable.  
Fuente: Elaboración propia

Tabla N°45 Valorización del muro pantalla a partir de la cantidad estimada en Airtable.  
Fuente: Elaboración propia

| Ítems   | Descripción                                   | Und | Metrado | Precio       | Monto (\$)    | Cantidad     | Monto Val. (\$) |
|---------|---|-----|---------|--------------|---------------|--------------|-----------------|
| 1       | Caja de Estación – Obra Civil                 |     |         |              | 18,890,567.15 |              |                 |
| 1.1     | Estructuras primarias                         |     |         |              | 17,163,408.37 |              |                 |
| 1.1.2   | Muro pantalla                                 |     |         |              | 7,533,146.56  |              | 2,122,428.09    |
| 1.1.2.1 | Muro guía para pantalla                       | m   |         | 463.99       | 274.87        | 127,536.11   | 463.99          |
| 1.1.2.2 | Excavación de pantalla con cuchara            | m3  |         | 8,653.74     | 480.18        | 4,155,352.87 | 2,409.90        |
| 1.1.2.3 | Concreto en pantalla                          | m3  |         | 8,012.84     | 150.23        | 1,203,768.95 | 2,130.00        |
| 1.1.2.4 | Aceros de refuerzo en pantalla                | kg  |         | 1,224,904.74 | 1.59          | 1,947,598.54 | 325,607.59      |
| 1.1.2.5 | Regularización y limpieza de pantalla         | m2  |         | 5,645.94     | 6.15          | 34,722.53    | -               |
| 1.1.2.6 | Corte de concreto de pantalla                 | m3  |         | 402.48       | 62.03         | 24,965.83    | -               |
| 1.1.2.7 | Transporte a vertedero de concreto            | m3  |         | 996.37       | 8.95          | 8,917.51     | -               |
| 1.1.2.8 | Descarga y depósito de concreto               | m3  |         | 996.37       | 1.66          | 1,653.97     | -               |
| 1.1.2.9 | Sellado elastomérico entre junta de pantallas | m   |         | 183.53       | 156.00        | 28,630.00    | -               |

Las pilas pilote fueron ejecutados de forma parcial, y estos fueron los resultados registrados en Airtable:

| ESTACIÓN M2L         |  |                           |  |                     |  |                           |  |                          |  |
|----------------------|--|---------------------------|--|---------------------|--|---------------------------|--|--------------------------|--|
| Movimiento de tierra |  | Muro Partida              |  | Losa de cubierta    |  | Losa de ventilación       |  | Losa de fondo            |  |
| Pila pilote          |  | Pozo de bombeo            |  | Drenaje bajo fosa   |  | Escaleras                 |  | Losa de andén            |  |
| Añadir               |  | Filtrar por ítem          |  | Ordenar por 1 campo |  | Color                     |  | Compartir y sincronizar  |  |
| Vistas               |  | 1. Review product roadmap |  | Ocultar campos      |  | Ocultar grupo             |  | Filtrar por ítem         |  |
| Fecha de liberación  |  | Ítem                      |  | ID                  |  | Descripción de liberación |  | Pila                     |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | A. Plano(s)               |  | # Cantidad total BIM     |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | # Cantidad parcial BIM    |  | # Cantidad presupuestada |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | # Cantidad estimada       |  | Equivalente              |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |
| Añadir               |  | Filtrado por ítem         |  | Añadir              |  | Añadir                    |  | Añadir                   |  |

Tabla N°47 Valorización de la pila pilote a partir de la cantidad estimada en Airtable (2/2).  
Fuente: Elaboración propia

| Ítems    | Descripción                                   | Und        | Metrado         | Precio          | Monto (\$)          | Cantidad      | Monto Val. (\$)   |
|----------|---|------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------|-------------------|
| 1        | Caja de Estación – Obra Civil                 |            |                 |                 | 18,890,567.15       |               |                   |
| 1.1      | Estructuras primarias                         |            |                 |                 | 17,163,408.37       |               |                   |
| 1.1.6    | <b>Pila pilote</b>                            |            |                 |                 | <b>1,958,083.81</b> |               | <b>365,929.77</b> |
| 1.1.6.5  | <b>Excavación de pila pilote</b>              | <b>m3</b>  | <b>588.22</b>   | <b>909.14</b>   | <b>534,774.33</b>   | <b>130.72</b> | <b>118,838.54</b> |
| 1.1.6.6  | <b>Concreto en pilote</b>                     | <b>m3</b>  | <b>1,101.07</b> | <b>156.52</b>   | <b>172,339.26</b>   | <b>183.51</b> | <b>28,723.19</b>  |
| 1.1.6.7  | <b>Transporte a vertedero de excavaciones</b> | <b>m3</b>  | <b>2,020.73</b> | <b>12.58</b>    | <b>25,420.78</b>    | <b>449.07</b> | <b>5,649.26</b>   |
| 1.1.6.8  | <b>Descarga y depósito de excavaciones</b>    | <b>m3</b>  | <b>2,020.73</b> | <b>1.51</b>     | <b>3,051.30</b>     | <b>449.07</b> | <b>678.09</b>     |
| 1.1.6.9  | <b>Conector mecánico de Ø 1 3/8"</b>          | <b>und</b> | <b>1,404.00</b> | <b>25.00</b>    | <b>35,100.00</b>    | <b>234.00</b> | <b>5,850.00</b>   |
| 1.1.6.10 | <b>Muro guía para pila pilote</b>             | <b>und</b> | <b>18.00</b>    | <b>1,159.14</b> | <b>20,864.52</b>    | <b>18.00</b>  | <b>20,864.52</b>  |
| 1.1.6.11 | <b>Anclaje con barra de acero Ø 1 3/8"</b>    | <b>und</b> | <b>690.00</b>   | <b>77.14</b>    | <b>53,226.60</b>    | <b>-</b>      | <b>-</b>          |

En resumen, se tiene la siguiente valorización para el primer trimestre.

Tabla N°48 Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 1.  
Fuente: Elaboración propia

| Presupuesto (Trimestre 1) |                                      | Calculado por el contratista | Calculado por la supervisión | Contraste          |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Ítem                      | Descripción                          | Monto (\$)                   | Monto (\$)                   | Monto (\$)         |
| <b>1</b>                  | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> | <b>2,663,669.98</b>          | <b>2,505,440.38</b>          | <b>-158,229.60</b> |
| <b>1.1</b>                | <b>Estructura primaria</b>           | <b>2,663,669.98</b>          | <b>2,505,440.38</b>          | <b>-158,229.60</b> |
| 1.1.1                     | Movimiento de tierras                | 17,082.52                    | 17,082.52                    | 0.00               |
| 1.1.2                     | Muro pantalla                        | 2,200,046.11                 | 2,122,428.09                 | -77,618.01         |
| 1.1.3                     | Losa de cubierta                     | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.1.4                     | Losa de vestíbulo                    | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.1.5                     | Losa de fondo                        | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.1.6                     | Pila pilote                          | 446,541.35                   | 365,929.77                   | -80,611.58         |
| 1.1.7                     | Pozo de bombeo                       | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.1.8                     | Drenaje bajo losa                    | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| <b>1.2</b>                | <b>Estructura secundaria</b>         | <b>0.00</b>                  | <b>0.00</b>                  | <b>0.00</b>        |
| 1.2.1                     | Escaleras                            | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.2.2                     | Losa de andén                        | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.2.3                     | Albañilería                          | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.2.4                     | Ascensor                             | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.2.5                     | Losa de prevestíbulo                 | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |

Para determinar el avance físico de A1: Pre excavación hasta plataforma de trabajo, se tiene la siguiente expresión la cual es correspondida en el registro de Airtable.

$$A.F_{A1} = \frac{\frac{4,693.00}{4,693.00} \times 17,082.52}{17,082.52} = 100.00\%$$

| ESTACIÓN M2L  |                   |  |   |   |            |         |         |      |      |               |
|---|-------------------|--|---|---|------------|---------|---------|------|------|---------------|
| Movimiento de tierras - Muro Pantalla - Losa de cubierta - Losa de vestíbulo - Losa de fondo - Pila pilote - Pozo de bombeo - Drenaje bajo losa - Escaleras - Losa de andén - Albañilería - Ascensor - Losa de prevestíbulo |                   |  |   |   |            |         |         |      |      |               |
| Views   |                   |  |   |   |            |         |         |      |      |               |
| 1. Review product roadmap   |                   |  |   |   |            |         |         |      |      |               |
| Filter by   |                   |  |   |   |            |         |         |      |      |               |
| 1.1.1.1 Desbroce y limpieza del terreno   |                   |  |   |   |            |         |         |      |      |               |
| 1   | 18/12/2020 9:00am | A1.1.1.1 Desbroce y limpieza del terreno | A1 - Pre excavación hasta plataforma de trabajo | Se libera el desbroce de acuerdo al pliego de desbroce y demoliciones | PL-0701-00 | 4693.00 | 4693.00 | 1.00 | 100% | Avance físico |

Figura N°122 Registro del avance físico de la pre excavación en Airtable para el primer trimestre.  
Fuente: Elaboración propia

Luego, para determinar el avance físico de A2: Muro Pantalla, se tiene la siguiente expresión la cual es correspondida en el registro de Airtable.

$$A.F_{A2} = \frac{\frac{463.99}{463.99} \times 127,536.11 + \frac{2,409.90}{8,653.74} \times 4,155,352.39 + \frac{2,130.00}{8,012.84} \times 1,203,768.80 + \frac{325,607.59}{1,224,904.74} \times 1,947,598.54}{7,434,255.84}$$

$$A.F_{A2} = 28.55\%$$

| ESTACIÓN M2L         |                           |                                       |                    |  |               |                         |            |                 |           |               |
|----------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------|--|---------------|-------------------------|------------|-----------------|-----------|---------------|
| Movimiento de tierra | Muro Pantalla             | Data                                  | Automations        | Interfaces   | Help          | Share                   | Extensions | Record template | ⋮         |               |
| Views                | 1. Review product roadmap | Item                                  | ID                 | Filter by ID: Avance físico  | Group         | Group                   | Color      | Share and sync  | ⋮         |               |
| 1                    | 4/1/2021 10:00am          | 1.1.2.1 Muro guía para pantalla       | A2 - Muro pantalla | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 44-63         | PL-1601-01              | ✓          | 463.99          | 0.02      | 78.88         |
| 2                    | 11/1/2021 2:00pm          | 1.1.2.1 Muro guía para pantalla       | A2 - Muro pantalla | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 64-71 / 1-12  | PL-1601-01              | ✓          | 463.99          | 0.02      | 120.64        |
| 3                    | 18/1/2021 11:30am         | 1.1.2.1 Muro guía para pantalla       | A2 - Muro pantalla | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 72-79 / 13-19 | PL-1601-01              | ✓          | 463.99          | 0.02      | 102.08        |
| 4                    | 21/1/2021 3:00pm          | 1.1.2.1 Muro guía para pantalla       | A2 - Muro pantalla | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 20-33         | PL-1601-01              | ✓          | 463.99          | 0.02      | 69.60         |
| 5                    | 25/1/2021 4:45pm          | 1.1.2.1 Muro guía para pantalla       | A2 - Muro pantalla | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 34-43         | PL-1601-01              | ✓          | 463.99          | 0.02      | 92.80         |
| 6                    | 28/1/2021 9:30am          | 1.1.2.4 Acero de refuerzo en pantalla | A2 - Muro pantalla | Se liberan el acero de las jaulas de la pantalla                             | 56            | PL-1708-02              | ✓          | 1224904.74      | 0.26      | 15505.12      |
| 7                    | 28/1/2021 3:30pm          | 1.1.2.4 Acero de refuerzo en pantalla | A2 - Muro pantalla | Se liberan el acero de las jaulas de la pantalla                             | 41            | PL-1704-02              | ✓          | 1224904.74      | 0.26      | 15505.12      |
| 8                    | 29/1/2021 12:30pm         | 1.1.2.2 Excavación de pantalla        | A2 - Muro pantalla | Se libera la profundidad de la excavación                                    | 56            | PL-1708-02 / PL-1601-00 | ✓          | 8653.74         | 0.56      | 109.54        |
|                      |                           | 1.1.2.3 Concreto en pantalla          | A2 - Muro pantalla | Se aprueba el control del concreto premecido a pile de caja                  | 41            | PL-1704-02              | ✓          | 8012.84         | 0.16      | 101.43        |
|                      |                           |                                       |                    |  |               |                         |            | Sum 26083971.41 | Sum 21.28 | Sum 330611.40 |
|                      |                           |                                       |                    |  |               |                         |            |                 |           | Sum 28.55%    |

Figura N°123 Registro del avance físico del muro pantalla en Airtable para el primer trimestre.

Fuente: Elaboración propia

Por último, para determinar el avance físico de A3: Pila Pilote, se tiene la siguiente expresión la cual es correspondida en el registro de Airtable.

$$A.F_{A3} = \frac{\frac{38,920.19}{233,521.17} \times 371,298.66 + \frac{23,473.61}{140,841.65} \times 712,658.75 + \frac{366.01}{2,196.05} \times 1,350.00 + \frac{130.72}{588.22} \times 27,999.60}{1,904,856.18}$$

$$+ \frac{\frac{183.51}{1,101.07} \times 172,339.16 + \frac{449.07}{2,020.73} \times 25,420.77 + \frac{449.07}{2,020.73} \times 3,051.30 + \frac{234.00}{1,404.00} \times 35,100.00 + \frac{18}{18} \times 20,864.52}{1,904,856.18}$$

$$A.F_{A3} = 19.21\%$$

| ESTACIÓN M2L         |                           |                                     |                  |  |       |            |            |                 |          |              |
|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------|--|-------|------------|------------|-----------------|----------|--------------|
| Movimiento de tierra | Muro Pantalla             | Data                                | Automations      | Interfaces   | Help  | Share      | Extensions | Record template | ⋮        |              |
| Views                | 1. Review product roadmap | Item                                | ID               | Filter by ID: Avance físico  | Group | Group      | Color      | Share and sync  | ⋮        |              |
| 1                    | 9/1/2021 1:00pm           | 1.1.6.10 Muro guía para pila pilote | A3 - Pila pilote | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 100   | PL-2301-01 | ✓          | 18.00           | 0.01     | 1.00         |
| 2                    | 9/1/2021 1:00pm           | 1.1.6.10 Muro guía para pila pilote | A3 - Pila pilote | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 101   | PL-2301-01 | ✓          | 18.00           | 0.01     | 1.00         |
| 3                    | 12/1/2021 3:16pm          | 1.1.6.10 Muro guía para pila pilote | A3 - Pila pilote | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 102   | PL-2301-01 | ✓          | 18.00           | 0.01     | 1.00         |
| 4                    | 12/1/2021 3:16pm          | 1.1.6.10 Muro guía para pila pilote | A3 - Pila pilote | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 103   | PL-2302-01 | ✓          | 18.00           | 0.01     | 1.00         |
| 5                    | 15/1/2021 10:00am         | 1.1.6.10 Muro guía para pila pilote | A3 - Pila pilote | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 104   | PL-2302-01 | ✓          | 18.00           | 0.01     | 1.00         |
| 6                    | 15/1/2021 10:00am         | 1.1.6.10 Muro guía para pila pilote | A3 - Pila pilote | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 105   | PL-2302-01 | ✓          | 18.00           | 0.01     | 1.00         |
| 7                    | 15/1/2021 10:00am         | 1.1.6.10 Muro guía para pila pilote | A3 - Pila pilote | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 106   | PL-2303-01 | ✓          | 18.00           | 0.01     | 1.00         |
| 8                    | 16/1/2021 3:19pm          | 1.1.6.10 Muro guía para pila pilote | A3 - Pila pilote | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 107   | PL-2303-01 | ✓          | 18.00           | 0.01     | 1.00         |
|                      |                           | 1.1.6.10 Muro guía para pila pilote | A3 - Pila pilote | Se libera el post vaciado de los muretes guía (se garantiza la verticalidad) | 108   | PL-2304-01 | ✓          | 18.00           | 0.01     | 1.00         |
|                      |                           |                                     |                  |  |       |            |            | Sum 1143919.16  | Sum 3.41 | Sum 64224.68 |
|                      |                           |                                     |                  |  |       |            |            |                 |          | Sum 19.21%   |

Figura N°124 Registro del avance físico de la pila pilote en Airtable para el primer trimestre.

Fuente: Elaboración propia

En resumen, se presenta el avance físico siguiendo la correspondencia entre partida del presupuesto con el ID del cronograma para el primer trimestre.

Tabla N°49 Avance físico para el trimestre 1.  
Fuente: Elaboración propia

| ID                             | Descripción   | Avance EDI | Avance Real |
|--------------------------------|---|------------|-------------|
| <b>NIVEL LOSA DE CUBIERTA</b>  |   |            |             |
| A1                             | Pre excavación hasta plataforma de trabajo            | 100.00%    | 100.00%     |
| A2                             | Muro pantalla   | 25.00%     | 28.55%      |
| A3                             | Pila pilote   | 0.00%      | 19.21%      |
| A4                             | Excavación hasta cota inferior de losa de cubierta    | 0.00%      | 0.00%       |
| A5                             | Losa de cubierta                                      | 0.00%      | 0.00%       |
| A6                             | Relleno sobre cubierta                                | 0.00%      | 0.00%       |
| A7                             | Cierre de pases temporales en Losa de Cubierta        | 0.00%      | 0.00%       |
| <b>NIVEL LOSA DE VESTÍBULO</b> |   |            |             |
| B1                             | Excavación sobre losa de vestíbulo                    | 0.00%      | 0.00%       |
| B2                             | Losa de vestíbulo                                     | 0.00%      | 0.00%       |
| B3                             | Cierre de pases temporales en Losa de Vestíbulo       | 0.00%      | 0.00%       |
| <b>NIVEL LOSA DE FONDO</b>     |   |            |             |
| C1                             | Excavación bajo losa de vestíbulo hasta losa de fondo | 0.00%      | 0.00%       |
| C2                             | Losa de fondo   | 0.00%      | 0.00%       |
| <b>ESTRUCTURAS SECUNDARIAS</b> |   |            |             |
| D1                             | Escaleras accesos                                     | 0.00%      | 0.00%       |
| D2                             | Escaleras salida emergencia                           | 0.00%      | 0.00%       |
| D3                             | Ascensores  | 0.00%      | 0.00%       |
| D4                             | Losa de prevestíbulo                                  | 0.00%      | 0.00%       |
| D5                             | Losa de andén   | 0.00%      | 0.00%       |
| D6                             | Muro de albañilería armada                            | 0.00%      | 0.00%       |

Las restricciones económicas en la primera valorización tienen un sustento a partir de los datos e informaciones recopiladas en las herramientas digitales de la propuesta.

Tabla N°50 Observaciones para la valorización del trimestre 1 (1/3).

Fuente: Elaboración propia

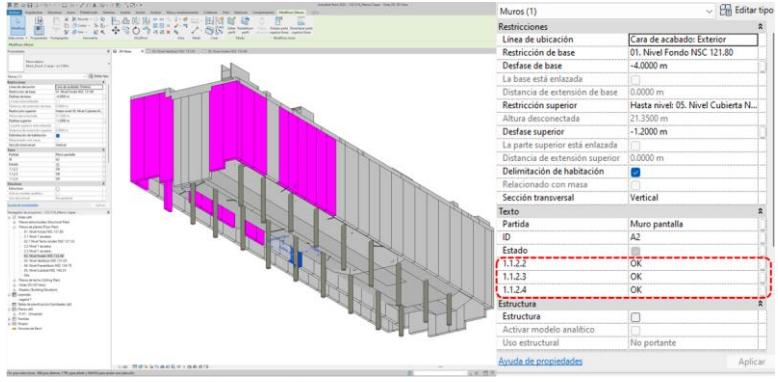
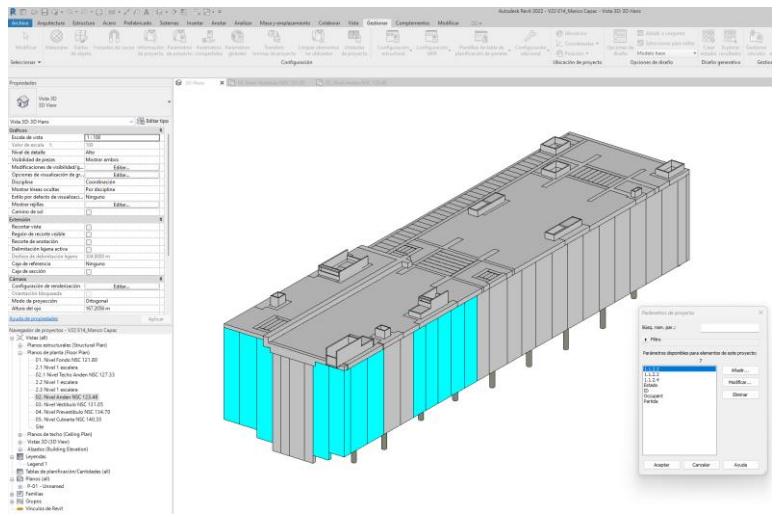
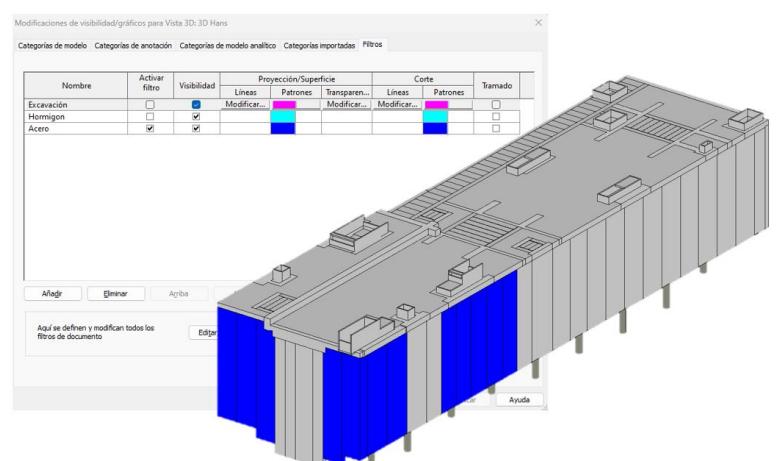
| Ítem  | Descripción  | Estado       |
|---|--|--------------|
| 1.1.2   | Muro pantalla  | No entregado |
| <b>Observación:</b><br><br><b>1.1.2.2. Excavación de pantalla con cuchara</b><br>Avance de 2,409.90 m <sup>3</sup> (22 pantallas excavadas) |    |              |
| <b>Observación:</b><br><br><b>1.1.2.3. Concreto en pantalla</b><br>Avance de 2,130.00 m <sup>3</sup> (21 pantallas vaciadas)                |   |              |
| <b>Observación:</b><br><br><b>1.1.2.4. Acero de refuerzo en pantalla</b><br>Avance de 325,607.59 kg (21 armaduras de pantallas)             |  |              |

Tabla N°51 Observaciones para la valorización del trimestre 1 (2/3).

Fuente: Elaboración propia

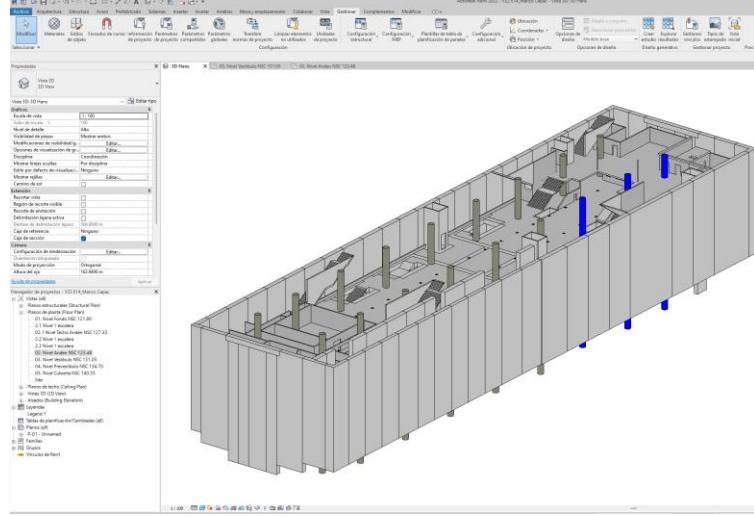
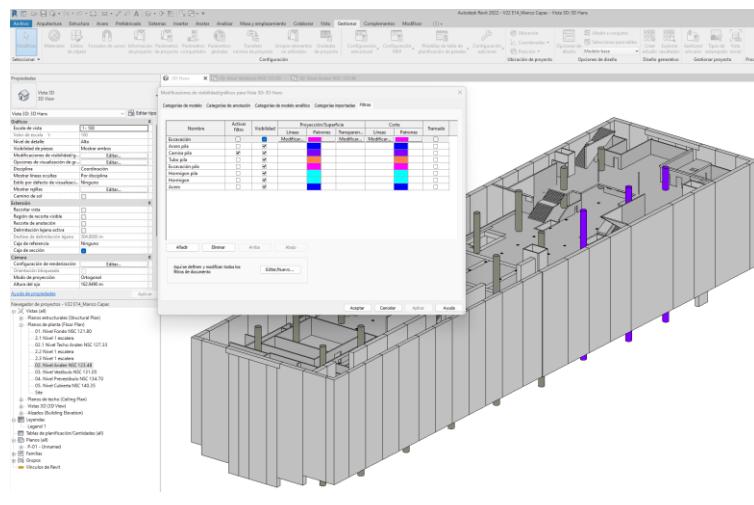
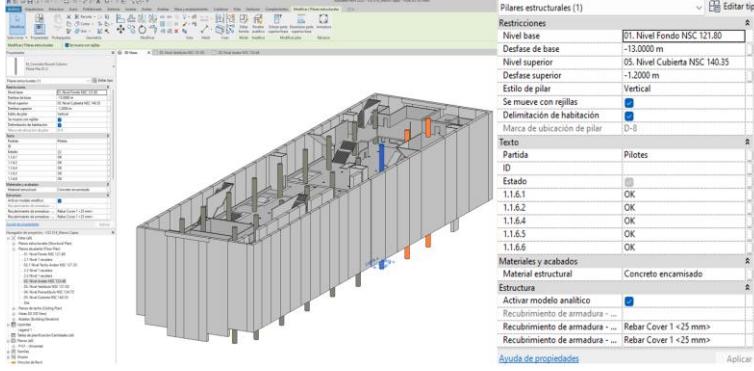
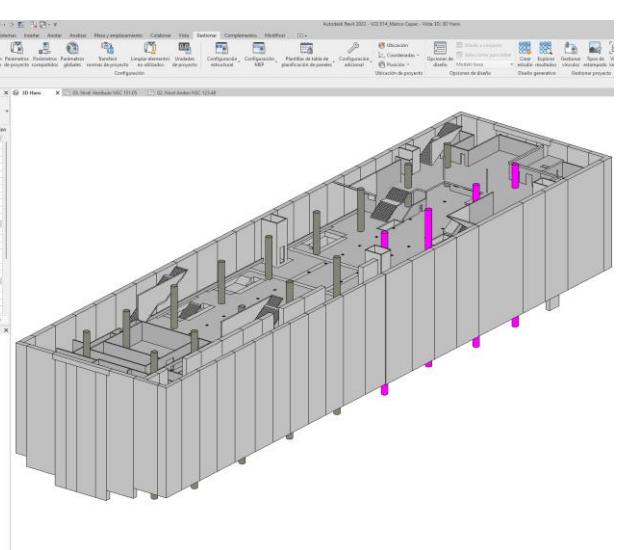
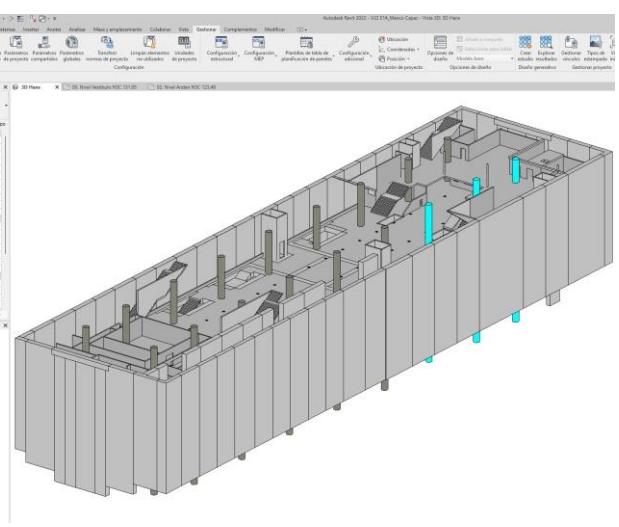
| Ítem  | Descripción  | Estado       |
|---|--|--------------|
| 1.1.6                                       | Pila pilote  | No entregado |
| 1.1.6.1. Acero de refuerzo para pila pilote | <p>Observación:</p> <p><b>1.1.6.1. Acero de refuerzo para pila pilote</b><br/>Avance de 38,920.19 kg (3 armaduras de pilotes)</p>      |              |
| 1.1.6.2. Acero de camisa no recuperable     | <p>Observación:</p> <p><b>1.1.6.2. Acero de camisa no recuperable</b><br/>Avance de 23,473.61kg (3 camisas metálicas de pilotes)</p>  |              |
| 1.1.6.4. Tubo sónico de acero               | <p>Observación:</p> <p><b>1.1.6.4. Tubo sónico de acero</b><br/>Avance de 366.01m (3 cuartetos de tubos de pilotes)</p>              |              |

Tabla N°52 Observaciones para la valorización del trimestre 1 (3/3).

Fuente: Elaboración propia

| Ítem  | Descripción  | Estado       |
|-------|--|--------------|
| 1.1.6 | Pila pilote  | No entregado |
|       | <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.1.6.5 Excavación de pila pilote</b><br/>Avance de 130.72m3<br/>(4 excavaciones de pilotes)</p>  |              |
|       | <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.1.6.6 Concreto en pilote</b><br/>Avance de 183.51m3<br/>(3 pilotes vaciados)</p>               |              |
|       | <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.1.6.7 Transporte a vertedero de excavaciones</b><br/>Se cuenta con un volumen de 449.07m3 de material transportado a vertedero según la excavación que se tiene en obra.</p>      |              |
|       | <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.1.6.8 Descarga y depósito de excavaciones</b><br/>Se cuenta con un volumen de 449.07m3 de material depositado en vertedero según la excavación que se tiene en obra.</p>          |              |
|       | <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.1.6.11 Anclaje con barra de acero Ø1 3/8"</b><br/>Partida no inicia hasta ejecutar losa de vestíbulo.</p>   |              |

### 5.2.2. Segundo trimestre de control

En el segundo trimestre se continua con la ejecución de los muros pantalla y pilas pilote, y también inicia la ejecución de las excavaciones a cielo abierto para ejecutar las actividades de losa de cubierta.

A partir de los volúmenes de trabajo y liberaciones desarrollados en el presente trimestre, se tiene la siguiente valorización.

Tabla N°53 Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 2.  
Fuente: Elaboración propia

| Presupuesto (Trimestre 2) |                                      | Calculado por el contratista | Calculado por la supervisión | Contraste         |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Ítem                      | Descripción                          | Monto (\$)                   | Monto (\$)                   | Monto (\$)        |
| <b>1</b>                  | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> | <b>9,724,677.76</b>          | <b>9,664,489.32</b>          | <b>-60,188.44</b> |
| <b>1.1</b>                | <b>Estructura primaria</b>           | <b>9,724,677.76</b>          | <b>9,664,489.32</b>          | <b>-60,188.44</b> |
| 1.1.1                     | Movimiento de tierras                | 346,138.66                   | 346,138.66                   | 0.00              |
| 1.1.2                     | Muro pantalla                        | 7,434,255.84                 | 7,374,067.40                 | -60,188.44        |
| 1.1.3                     | Losa de cubierta                     | 39,427.08                    | 39,427.08                    | 0.00              |
| 1.1.4                     | Losa de vestíbulo                    | 0.00                         | 0.00                         | 0.00              |
| 1.1.5                     | Losa de fondo                        | 0.00                         | 0.00                         | 0.00              |
| 1.1.6                     | Pila pilote                          | 1,904,856.18                 | 1,904,856.18                 | 0.00              |
| 1.1.7                     | Pozo de bombeo                       | 0.00                         | 0.00                         | 0.00              |
| 1.1.8                     | Drenaje bajo losa                    | 0.00                         | 0.00                         | 0.00              |
| <b>1.2</b>                | <b>Estructura secundaria</b>         | <b>0.00</b>                  | <b>0.00</b>                  | <b>0.00</b>       |
| 1.2.1                     | Escaleras                            | 0.00                         | 0.00                         | 0.00              |
| 1.2.2                     | Losa de andén                        | 0.00                         | 0.00                         | 0.00              |
| 1.2.3                     | Albañilería                          | 0.00                         | 0.00                         | 0.00              |
| 1.2.4                     | Ascensor                             | 0.00                         | 0.00                         | 0.00              |
| 1.2.5                     | Losa de prevestíbulo                 | 0.00                         | 0.00                         | 0.00              |

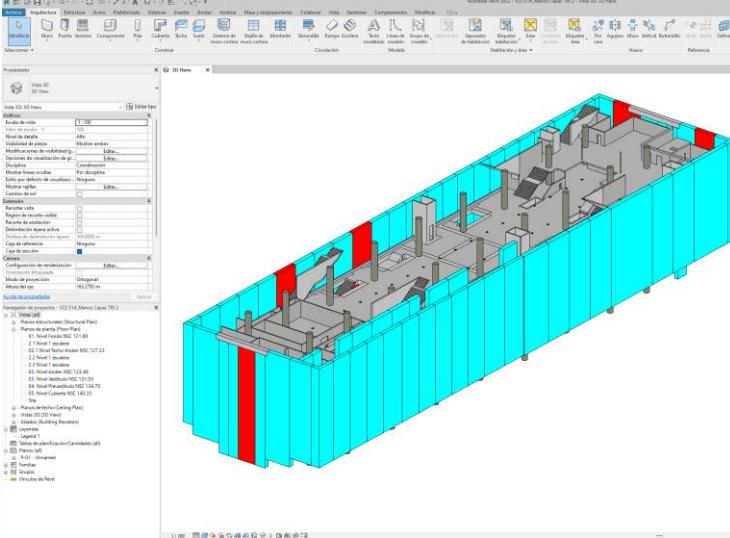
Ahora a partir de los metrados de la valorización del segundo trimestre se desarrolla el avance físico siguiendo la correspondencia entre partida del presupuesto con el ID del cronograma.

Tabla N°54 Avance físico para el trimestre 2.  
Fuente: Elaboración propia

| ID                             | Descripción   | Avance EDI | Avance Real |
|--------------------------------|---|------------|-------------|
| <b>NIVEL LOSA DE CUBIERTA</b>  |   |            |             |
| A1                             | Pre excavación hasta plataforma de trabajo            | 100.00%    | 100.00%     |
| A2                             | Muro pantalla   | 100.00%    | 99.19%      |
| A3                             | Pila pilote   | 100.00%    | 100.00%     |
| A4                             | Excavación hasta cota inferior de losa de cubierta    | 100.00%    | 100.00%     |
| A5                             | Losa de cubierta                                      | 0.00%      | 1.69%       |
| A6                             | Relleno sobre cubierta                                | 0.00%      | 0.00%       |
| A7                             | Cierre de pases temporales en Losa de Cubierta        | 0.00%      | 0.00%       |
| <b>NIVEL LOSA DE VESTÍBULO</b> |   |            |             |
| B1                             | Excavación sobre losa de vestíbulo                    | 0.00%      | 0.00%       |
| B2                             | Losa de vestíbulo                                     | 0.00%      | 0.00%       |
| B3                             | Cierre de pases temporales en Losa de Vestíbulo       | 0.00%      | 0.00%       |
| <b>NIVEL LOSA DE FONDO</b>     |   |            |             |
| C1                             | Excavación bajo losa de vestíbulo hasta losa de fondo | 0.00%      | 0.00%       |
| C2                             | Losa de fondo   | 0.00%      | 0.00%       |
| <b>ESTRUCTURAS SECUNDARIAS</b> |   |            |             |
| D1                             | Escaleras accesos                                     | 0.00%      | 0.00%       |
| D2                             | Escaleras salida emergencia                           | 0.00%      | 0.00%       |
| D3                             | Ascensores  | 0.00%      | 0.00%       |
| D4                             | Losa de prevestíbulo                                  | 0.00%      | 0.00%       |
| D5                             | Losa de andén   | 0.00%      | 0.00%       |
| D6                             | Muro de albañilería armada                            | 0.00%      | 0.00%       |

Las restricciones económicas en la segunda valorización tienen un sustento a partir de los datos e informaciones recopiladas en las herramientas digitales de la propuesta, es así que para el presente trimestre se tuvieron observaciones durante la colocación de concreto en los muros pantalla, estas observaciones se despejaran cuando se realicen las excavaciones bajo las losas y se descubra la superficie de las pantallas para así evaluar su estado.

Tabla N°55 Observaciones para la valorización del trimestre 2.  
Fuente: Elaboración propia

| Ítem  | Descripción   | Estado   |
|---|---------------|--|
| 1.1.2   | Muro pantalla | Observado  |
| <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.1.2.3. Concreto en pantalla</b></p> <p>Existen observaciones durante los vaciados de concreto que pueden terminar afectando la entrega final de los muros pantallas durante la inspección del post vaciado.</p> <p>Avance de 7,612.20m<sup>3</sup> (-5%)</p> |               |  |

### 5.2.3. Tercer trimestre de control

En el tercer trimestre se continúa con la ejecución de actividades para formar la losa de cubierta e inician los trabajos de excavación masiva bajo la losa de cubierta para comenzar con la ejecución de la losa de vestíbulo.

A partir de los volúmenes de trabajo y liberaciones desarrollados en el presente trimestre, se tiene la siguiente valorización.

Tabla N°56 Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 3.  
Fuente: Elaboración propia

| Presupuesto (Trimestre 3) |                                      | Calculado por el contratista | Calculado por la supervisión | Contraste          |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Ítem                      | Descripción                          | Monto (\$)                   | Monto (\$)                   | Monto (\$)         |
| <b>1</b>                  | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> | <b>12,863,167.86</b>         | <b>12,757,943.89</b>         | <b>-105,223.97</b> |
| <b>1.1</b>                | <b>Estructura primaria</b>           | <b>12,863,167.86</b>         | <b>12,757,943.89</b>         | <b>-105,223.97</b> |
| 1.1.1                     | Movimiento de tierras                | 1,118,255.62                 | 1,118,255.62                 | 0.00               |
| 1.1.2                     | Muro pantalla                        | 7,501,469.30                 | 7,432,691.89                 | -68,777.41         |
| 1.1.3                     | Losa de cubierta                     | 2,338,585.73                 | 2,302,139.17                 | -36,446.56         |
| 1.1.4                     | Losa de vestíbulo                    | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.1.5                     | Losa de fondo                        | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.1.6                     | Pila pilote                          | 1,904,857.21                 | 1,904,857.21                 | 0.00               |
| 1.1.7                     | Pozo de bombeo                       | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |
| 1.1.8                     | Drenaje bajo losa                    | 0.00                         | 0.00                         | 0.00               |

|            |                              |             |             |             |
|------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>1.2</b> | <b>Estructura secundaria</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> |
| 1.2.1      | Escaleras                    | 0.00        | 0.00        | 0.00        |
| 1.2.2      | Losa de andén                | 0.00        | 0.00        | 0.00        |
| 1.2.3      | Albañilería                  | 0.00        | 0.00        | 0.00        |
| 1.2.4      | Ascensor                     | 0.00        | 0.00        | 0.00        |
| 1.2.5      | Losa de prevestíbulo         | 0.00        | 0.00        | 0.00        |

Ahora a partir de los metrados de la valorización del tercer trimestre se desarrolla el avance físico siguiendo la correspondencia entre partida del presupuesto con el ID del cronograma.

Tabla N°57 Avance físico para el trimestre 3.  
Fuente: Elaboración propia

| ID                             | Descripción   | Avance EDI | Avance Real    |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| <b>NIVEL LOSA DE CUBIERTA</b>  |   |            |                |
| A1                             | Pre excavación hasta plataforma de trabajo            | 100.00%    | 100.00%        |
| A2                             | Muro pantalla   | 100.00%    | <b>99.19%</b>  |
| A3                             | Pila pilote   | 100.00%    | 100.00%        |
| A4                             | Excavación hasta cota inferior de losa de cubierta    | 100.00%    | 100.00%        |
| A5                             | Losa de cubierta                                      | 100.00%    | <b>98.44%</b>  |
| A6                             | Relleno sobre cubierta                                | 0.00%      | 0.00%          |
| A7                             | Cierre de pases temporales en Losa de Cubierta        | 0.00%      | 0.00%          |
| <b>NIVEL LOSA DE VESTÍBULO</b> |   |            |                |
| B1                             | Excavación sobre losa de vestíbulo                    | 0.00%      | <b>100.00%</b> |
| B2                             | Losa de vestíbulo                                     | 0.00%      | <b>2.63%</b>   |
| B3                             | Cierre de pases temporales en Losa de Vestíbulo       | 0.00%      | 0.00%          |
| <b>NIVEL LOSA DE FONDO</b>     |   |            |                |
| C1                             | Excavación bajo losa de vestíbulo hasta losa de fondo | 0.00%      | 0.00%          |
| C2                             | Losa de fondo   | 0.00%      | 0.00%          |
| <b>ESTRUCTURAS SECUNDARIAS</b> |   |            |                |
| D1                             | Escaleras accesos                                     | 0.00%      | 0.00%          |
| D2                             | Escaleras salida emergencia                           | 0.00%      | 0.00%          |
| D3                             | Ascensores  | 0.00%      | 0.00%          |
| D4                             | Losa de prevestíbulo                                  | 0.00%      | 0.00%          |
| D5                             | Losa de andén   | 0.00%      | 0.00%          |
| D6                             | Muro de albañilería armada                            | 0.00%      | 0.00%          |

Las restricciones económicas en la tercera valorización tienen un sustento a partir de los datos e informaciones recopiladas en las herramientas digitales de la propuesta.

Tabla N°58 Observaciones para la valorización del trimestre 3 (1/2).  
Fuente: Elaboración propia

| Ítem   | Descripción   | Estado         |
|--|---------------|----------------|
| 1.1.2  | Muro Pantalla | No conformidad |
| <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.1.2.3. Concreto en pantalla</b><br/>Se emite un reporte de no conformidad por la detección de defectos en la cara superficial de los muros pantalla. Avance de 7,612.20m3</p> |               |                |
| <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.1.2.9. Sellado elastomérico entre junta de pantalla</b><br/>Avance de 36.71m (18 juntas selladas entre cubierta y vestíbulo).</p>   |               |                |

A continuación, se presenta el flujograma que desarrolla todas las actividades involucradas para la intervención y resane de las contaminaciones en el concreto de los muros pantalla, empezando desde la detección del defecto o inclusión

pasando por la limpieza y preparación de la superficie hasta el vaciado y curado del resane de la pantalla.



Figura N°125 Proceso de resane por contaminación en muros pantalla.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°59 Observaciones para la valorización del trimestre 3 (2/2).

Fuente: Elaboración propia

| Ítem  | Descripción      | Estado         |
|---|------------------|----------------|
| 1.1.3   | Losa de cubierta | No conformidad |
| <i>Observación:</i>   |                  |                |
| <b>1.1.3.2. Concreto en losa</b>  |                  |                |
| <p>Se emite un reporte de no conformidad por la detección de defectos en la cara superficial de la losa de cubierta (fisuras).</p> <p>Avance de 4,127.83m<sup>3</sup> (-5%)</p> |                  |                |
| <i>Observación:</i>   |                  |                |
| <b>1.1.3.6 Concreto en alzados</b>  |                  |                |
| <p>No se ha realizado la inspección el post vaciado de los muros en cubierta.</p> <p>Avance de 151.99m<sup>3</sup> (-5%)</p>  |                  |                |

A continuación, se presenta el flujograma que desarrolla todas las actividades involucradas para la intervención y resane de las fisuras en la losa de la cubierta de la estación.



Figura N°126 Proceso de resane de fisuras en losa de cubierta.

Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.4. Cuarto trimestre de control

En el cuarto trimestre se continúa con los trabajos para ejecutar la losa de vestíbulo y se da inicio a las actividades que permiten ejecutar las estructuras secundarias como los ascensores, la losa de prevestíbulo y los muros de albañilería.

Tabla N°60 Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 4.

Fuente: Elaboración propia

| Presupuesto (Trimestre 4) |                               | Calculado por el contratista | Calculado por la supervisión | Contraste   |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|
| Ítem                      | Descripción                   | Monto (\$)                   | Monto (\$)                   | Monto (\$)  |
| 1                         | Caja de Estación – Obra Civil | 15,848,533.53                | 15,741,680.70                | -106,852.83 |
| 1.1                       | Estructura primaria           | 15,414,425.24                | 15,389,689.46                | -24,735.78  |
| 1.1.1                     | Movimiento de tierras         | 2,300,084.69                 | 2,300,084.69                 | 0.00        |
| 1.1.2                     | Muro pantalla                 | 7,441,280.86                 | 7,441,280.86                 | 0.00        |
| 1.1.3                     | Losa de cubierta              | 2,303,312.37                 | 2,303,312.37                 | 0.00        |
| 1.1.4                     | Losa de vestíbulo             | 1,464,891.14                 | 1,440,155.36                 | -24,735.78  |
| 1.1.5                     | Losa de fondo                 | 0.00                         | 0.00                         | 0.00        |
| 1.1.6                     | Pila pilote                   | 1,904,856.18                 | 1,904,856.18                 | 0.00        |
| 1.1.7                     | Pozo de bombeo                | 0.00                         | 0.00                         | 0.00        |
| 1.1.8                     | Drenaje bajo losa             | 0.00                         | 0.00                         | 0.00        |

|            |                              |            |            |                   |
|------------|------------------------------|------------|------------|-------------------|
| <b>1.2</b> | <b>Estructura secundaria</b> | 434,108.29 | 351,991.24 | <b>-82,117.05</b> |
| 1.2.1      | Escaleras                    | 0.00       | 0.00       | 0.00              |
| 1.2.2      | Losa de andén                | 0.00       | 0.00       | 0.00              |
| 1.2.3      | Albañilería                  | 197,155.98 | 127,246.60 | <b>-69,909.38</b> |
| 1.2.4      | Ascensor                     | 19,257.92  | 13,095.38  | <b>-6,162.53</b>  |
| 1.2.5      | Losa de prevestíbulo         | 217,694.39 | 211,649.25 | <b>-6,045.13</b>  |

Ahora a partir de los metrados de la valorización de la cuarta trimestre se desarrolla el avance físico siguiendo la correspondencia entre partida del presupuesto con el ID del cronograma.

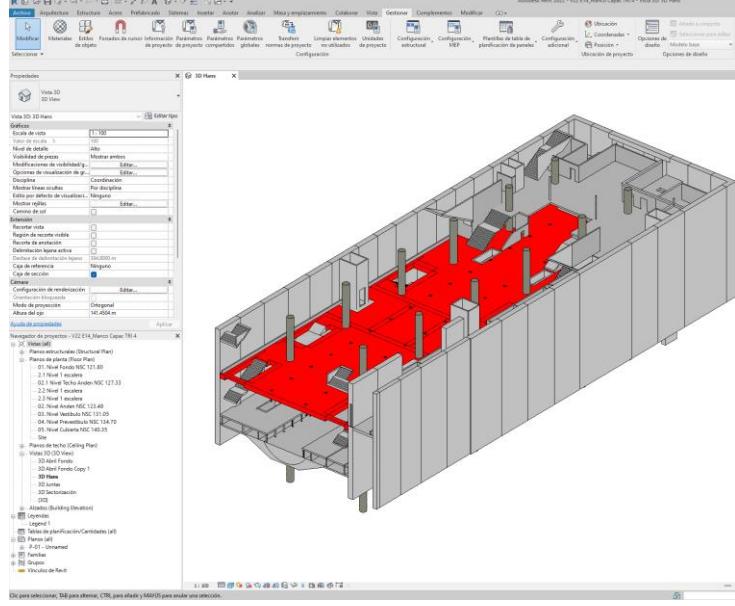
Tabla N°61 Avance físico para el trimestre 4.

Fuente: Elaboración propia

| ID                             | Descripción   | Avance EDI | Avance Real    |
|--------------------------------|---|------------|----------------|
| <b>NIVEL LOSA DE CUBIERTA</b>  |   |            |                |
| A1                             | Pre excavación hasta plataforma de trabajo            | 100.00%    | 100.00%        |
| A2                             | Muro pantalla   | 100.00%    | <b>99.19%</b>  |
| A3                             | Pila pilote   | 100.00%    | 100.00%        |
| A4                             | Excavación hasta cota inferior de losa de cubierta    | 100.00%    | 100.00%        |
| A5                             | Losa de cubierta                                      | 100.00%    | <b>98.49%</b>  |
| A6                             | Relleno sobre cubierta                                | 0.00%      | 0.00%          |
| A7                             | Cierre de pases temporales en Losa de Cubierta        | 0.00%      | 0.00%          |
| <b>NIVEL LOSA DE VESTÍBULO</b> |   |            |                |
| B1                             | Excavación sobre losa de vestíbulo                    | 100.00%    | 100.00%        |
| B2                             | Losa de vestíbulo                                     | 100.00%    | <b>97.29%</b>  |
| B3                             | Cierre de pases temporales en Losa de Vestíbulo       | 0.00%      | 0.00%          |
| <b>NIVEL LOSA DE FONDO</b>     |   |            |                |
| C1                             | Excavación bajo losa de vestíbulo hasta losa de fondo | 0.00%      | <b>100.00%</b> |
| C2                             | Losa de fondo   | 0.00%      | 0.00%          |
| <b>ESTRUCTURAS SECUNDARIAS</b> |   |            |                |
| D1                             | Escaleras accesos                                     | 0.00%      | 0.00%          |
| D2                             | Escaleras salida emergencia                           | 0.00%      | 0.00%          |
| D3                             | Ascensores  | 0.00%      | <b>17.00%</b>  |
| D4                             | Losa de prevestíbulo                                  | 0.00%      | <b>97.22%</b>  |
| D5                             | Losa de andén   | 0.00%      | 0.00%          |
| D6                             | Muro de albañilería armada                            | 0.00%      | <b>16.14%</b>  |

Las restricciones económicas en la cuarta valorización tienen un sustento a partir de los datos e informaciones recopiladas en las herramientas digitales de la propuesta.

Tabla N°62 Observaciones para la valorización del trimestre 4 (1/4).  
Fuente: Elaboración propia

| Ítem   | Descripción       | Estado       |
|--|-------------------|--------------|
| 1.1.4  | Losa de vestíbulo | No entregado |
| <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.1.4.2. Concreto en losa</b></p> <p>Según la experiencia de la no conformidad en la losa de cubierta por la detección de defectos en la cara superficial, está pendiente la inundación para la detección de fisuras en la losa de vestíbulo.</p> <p>Avance de 2,894.6m<sup>3</sup> (-5%)</p> |                   |              |
|   |                   |              |

La experiencia que trajo la no conformidad de las fisuras en la losa de cubierta trajo a la inundación como actividad permanente en el proceso de la verificación del post vaciado de las losas.



Figura N°127 Inundación de losa para la detección de fisuras en losa.  
Fuente: Elaboración propia

Tabla N°63 Observaciones para la valorización del trimestre 4 (2/4).  
Fuente: Elaboración propia

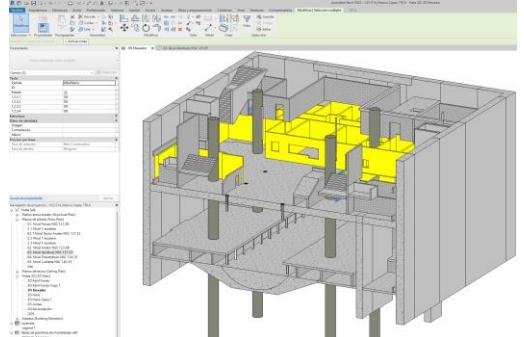
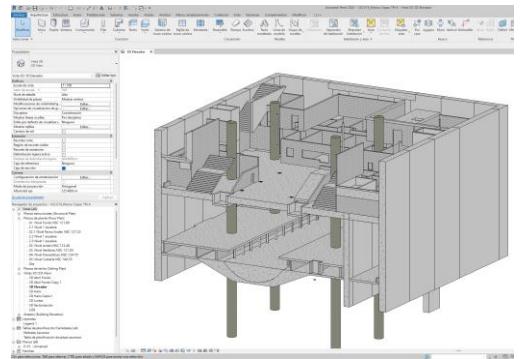
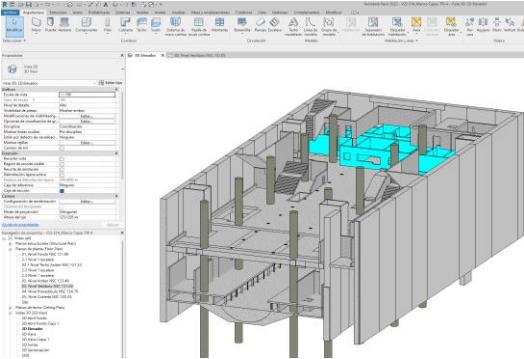
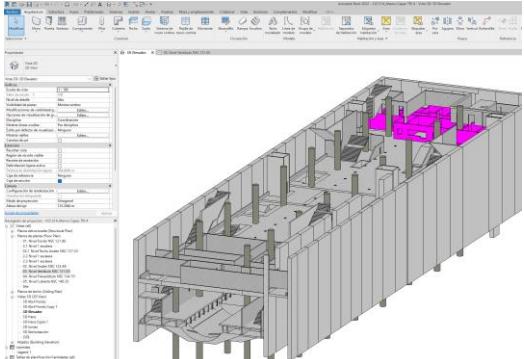
| Ítem   | Descripción   | Estado       |
|--|---|--------------|
| 1.2.3  | Albañilería   | No entregado |
| <i>Observación:</i><br><b>1.2.3.1. Albañilería armada</b><br>Avance de 1,031.89m <sup>2</sup> (albañilería en vestíbulo).              |                                       |              |
| <i>Observación:</i><br><b>1.2.3.2. Anclaje con barra de acero y resina Ø1/2"</b><br>La partida no inicia hasta ejecutar losa de fondo. |                                      |              |
| <i>Observación:</i><br><b>1.2.3.3. Anclaje con barra de acero y resina Ø5/8"</b><br>Avance de 935und (albañilería en vestíbulo).       |  |              |
| <i>Observación:</i><br><b>1.2.3.4. Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4"</b><br>Avance de 194und (albañilería en vestíbulo).       |  |              |

Tabla N°64 Observaciones para la valorización del trimestre 4 (3/4).  
Fuente: Elaboración propia

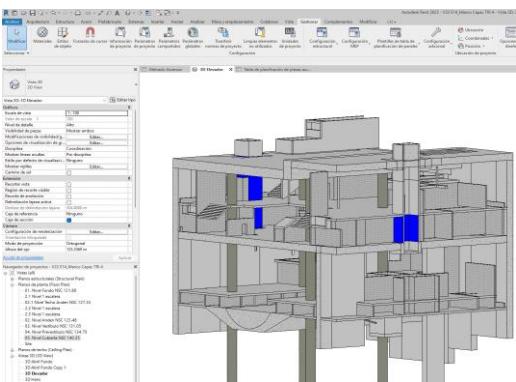
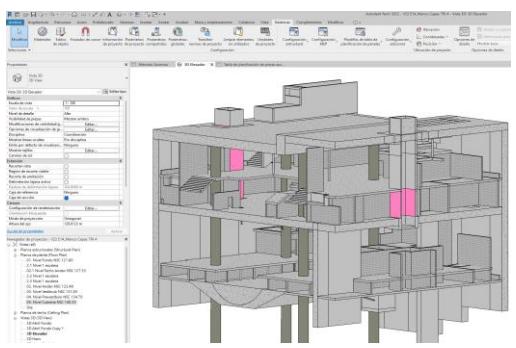
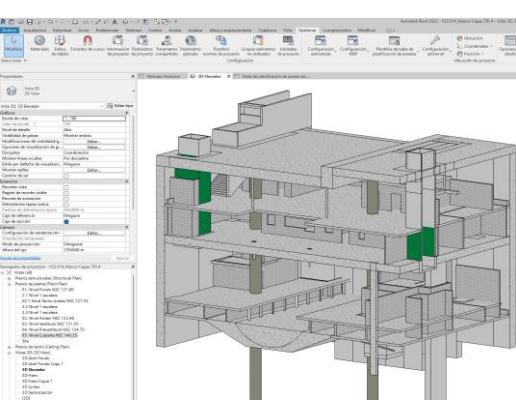
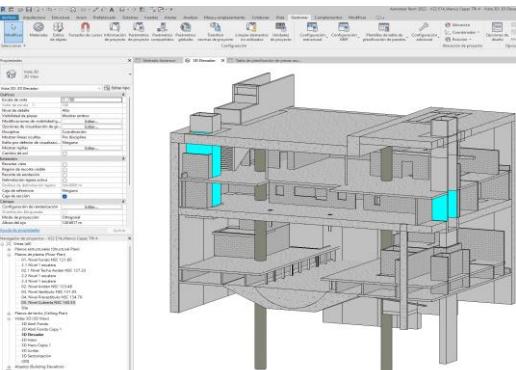
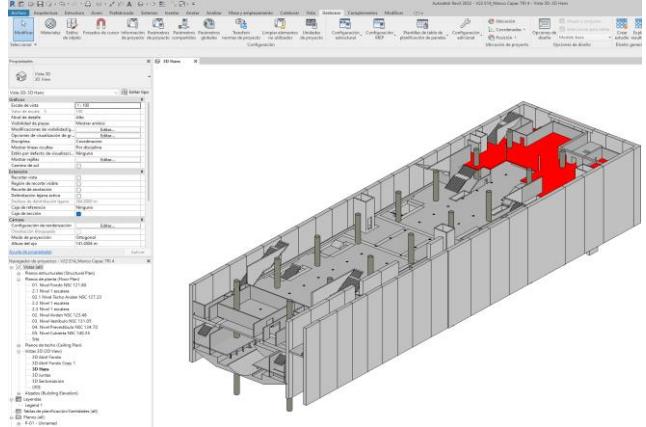
| Ítem  | Descripción   | Estado   |
|-------|---|--|
| 1.2.4 | Ascensor  | No entregado   |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.2.4.1. Acero de refuerzo para muro</b><br/>Avance de 838.66kg (3 anillos liberados)</p>            |    |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.2.4.2. Encofrado plano vertical</b><br/>Avance de 199.78m2 (3 anillos liberados)</p>               |   |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.2.4.3. Anclaje con barra de acero y resina Ø5/8"</b><br/>Avance de 46und (3 anillos liberados)</p> |  |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.2.4.4. Concreto en muro</b><br/>Avance de 7.46m3 (3 anillos liberados)</p>                         |  |

Tabla N°65 Observaciones para la valorización del trimestre 4 (4/4).

Fuente: Elaboración propia

| Ítem  | Descripción          | Estado   |
|---|----------------------|--|
| 1.2.5   | Losa de prevestíbulo | No entregado   |
| <i>Observación:</i>   |                      |  |
| <b>1.2.5.1. Concreto en losa</b><br>No se ha realizado la inspección el post vaciado de la losa de prevestíbulo.<br>Avance de 197.9m3 |                      |  |
| <i>Observación:</i>   |                      | <b>1.2.5.6. Formación de cámara bufa</b><br>Partida sin iniciar.                   |

## 5.2.5. Quinto trimestre de control

En el quinto trimestre se continúa con la ejecución de las estructuras secundarias incluyendo a la losa de andén y las escaleras de acceso y salida de emergencia, como estructura primaria se ejecuta la losa de fondo.

A partir de los volúmenes de trabajo y liberaciones desarrollados en el presente trimestre, se tiene la siguiente valorización.

Tabla N°66 Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 5.  
Fuente: Elaboración propia

| Presupuesto (Trimestre 5) |                                      | Calculado por el contratista | Calculado por la supervisión | Contraste         |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Ítem                      | Descripción                          | Monto (\$)                   | Monto (\$)                   | Monto (\$)        |
| 1                         | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> | 17,711,303.66                | 17,619,060.11                | <b>-92,243.55</b> |
| 1.1                       | <b>Estructura primaria</b>           | 16,411,270.29                | 16,406,054.34                | <b>-5,215.95</b>  |
| 1.1.1                     | Movimiento de tierras                | 2,300,084.69                 | 2,300,084.69                 | 0.00              |
| 1.1.2                     | Muro pantalla                        | 7,533,145.51                 | 7,533,145.51                 | 0.00              |
| 1.1.3                     | Losa de cubierta                     | 2,338,585.73                 | 2,338,585.73                 | 0.00              |
| 1.1.4                     | Losa de vestíbulo                    | 1,440,155.36                 | 1,440,155.36                 | 0.00              |
| 1.1.5                     | Losa de fondo                        | 855,906.27                   | 852,720.01                   | <b>-3,186.26</b>  |
| 1.1.6                     | Pila pilote                          | 1,904,856.18                 | 1,904,856.18                 | 0.00              |
| 1.1.7                     | Pozo de bombeo                       | 10,496.95                    | 10,394.52                    | <b>-102.43</b>    |
| 1.1.8                     | Drenaje bajo losa                    | 28,039.59                    | 26,112.34                    | <b>-1,927.25</b>  |

|            |                              |              |              |                   |
|------------|------------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| <b>1.2</b> | <b>Estructura secundaria</b> | 1,300,033.37 | 1,213,005.77 | <b>-87,027.60</b> |
| 1.2.1      | Escaleras                    | 302,662.35   | 302,662.35   | 0.00              |
| 1.2.2      | Losa de andén                | 127,889.86   | 99,921.50    | <b>-27,968.37</b> |
| 1.2.3      | Albañilería                  | 605,567.77   | 546,508.53   | <b>-59,059.24</b> |
| 1.2.4      | Ascensor                     | 46,219.00    | 46,219.00    | 0.00              |
| 1.2.5      | Losa de prevestíbulo         | 217,694.39   | 217,694.39   | 0.00              |

Ahora a partir de los metrados de la valorización del quinto trimestre se desarrolla el avance físico siguiendo la correspondencia entre partida del presupuesto con el ID del cronograma.

Tabla N°67 Avance físico para el trimestre 5.

Fuente: Elaboración propia

| ID                             | Descripción   | Avance EDI | Avance Real   |
|--------------------------------|---|------------|---------------|
| <b>NIVEL LOSA DE CUBIERTA</b>  |   |            |               |
| A1                             | Pre excavación hasta plataforma de trabajo            | 100.00%    | 100.00%       |
| A2                             | Muro pantalla   | 100.00%    | 100.00%       |
| A3                             | Pila pilote   | 100.00%    | 100.00%       |
| A4                             | Excavación hasta cota inferior de losa de cubierta    | 100.00%    | 100.00%       |
| A5                             | Losa de cubierta                                      | 100.00%    | 100.00%       |
| A6                             | Relleno sobre cubierta                                | 0.00%      | 0.00%         |
| A7                             | Cierre de pases temporales en Losa de Cubierta        | 0.00%      | 0.00%         |
| <b>NIVEL LOSA DE VESTÍBULO</b> |   |            |               |
| B1                             | Excavación sobre losa de vestíbulo                    | 100.00%    | 100.00%       |
| B2                             | Losa de vestíbulo                                     | 100.00%    | <b>98.42%</b> |
| B3                             | Cierre de pases temporales en Losa de Vestíbulo       | 0.00%      | 0.00%         |
| <b>NIVEL LOSA DE FONDO</b>     |   |            |               |
| C1                             | Excavación bajo losa de vestíbulo hasta losa de fondo | 100.00%    | 100.00%       |
| C2                             | Losa de fondo   | 100.00%    | <b>99.43%</b> |
| <b>ESTRUCTURAS SECUNDARIAS</b> |   |            |               |
| D1                             | Escaleras accesos                                     | 100.00%    | 100.00%       |
| D2                             | Escaleras salida emergencia                           | 0.00%      | <b>56.00%</b> |
| D3                             | Ascensores  | 0.00%      | <b>60.00%</b> |
| D4                             | Losa de prevestíbulo                                  | 100.00%    | 100.00%       |
| D5                             | Losa de andén   | 0.00%      | <b>39.07%</b> |
| D6                             | Muro de albañilería armada                            | 0.00%      | <b>69.30%</b> |

Tabla N°68 Observaciones para la valorización del trimestre 5 (1/3).  
Fuente: Elaboración propia

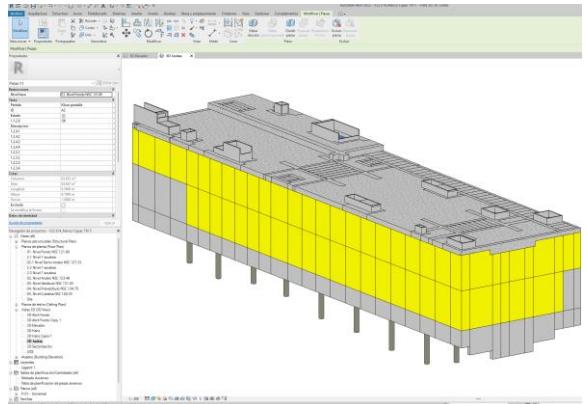
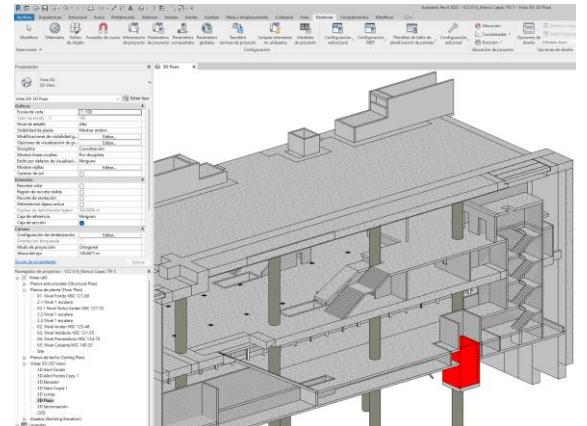
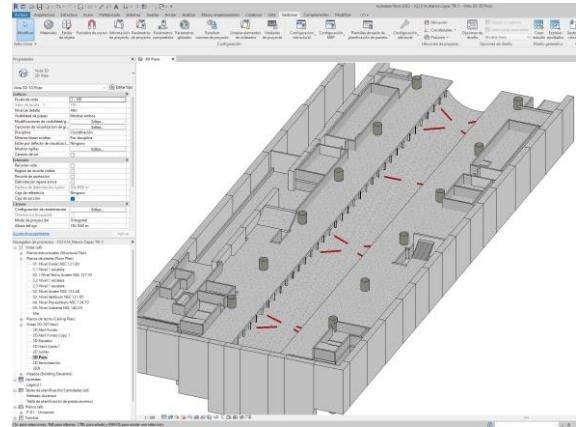
| Ítem  | Descripción   | Estado       |
|-------|---|--------------|
| 1.1.5 | Losa de fondo   | No entregado |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.1.5.5. Sellado elastomérico entre junta</b><br/>Avance de 148.04m (junta a nivel de fondo con muro pantalla)</p>                           |              |
| 1.1.7 | Pozo de bombeo  | No entregado |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.1.7.6. Concreto en alzados</b><br/>No se ha realizado la inspección el post vaciado del pozo.<br/>Avance de 13.27m<sup>3</sup> (-5%)</p>  |              |
| 1.1.8 | Drenaje   | No entregado |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.1.8.5. Prueba hidráulica</b><br/>Ninguna línea de tubería cuenta con el ensayo de estanqueidad, partida sin iniciar.</p>                 |              |

Tabla N°69 Observaciones para la valorización del trimestre 5 (2/3).

Fuente: Elaboración propia

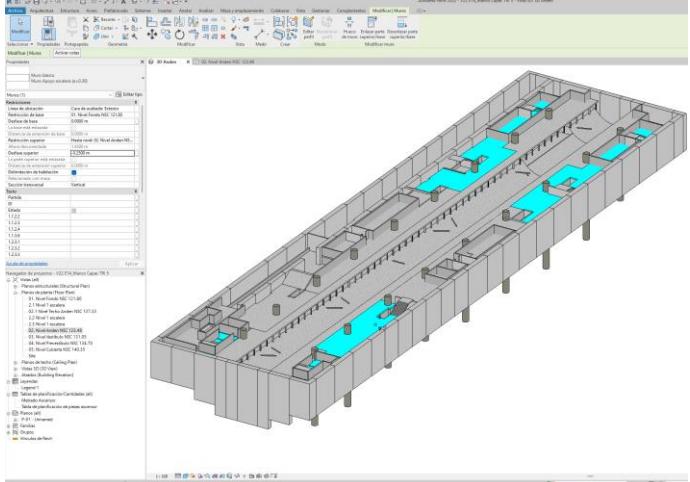
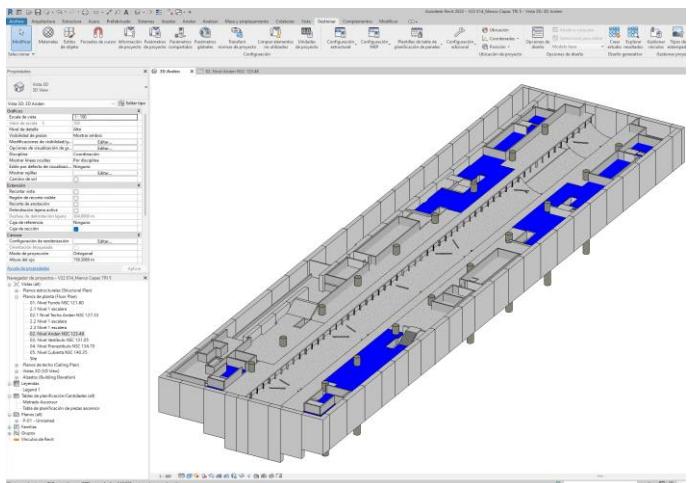
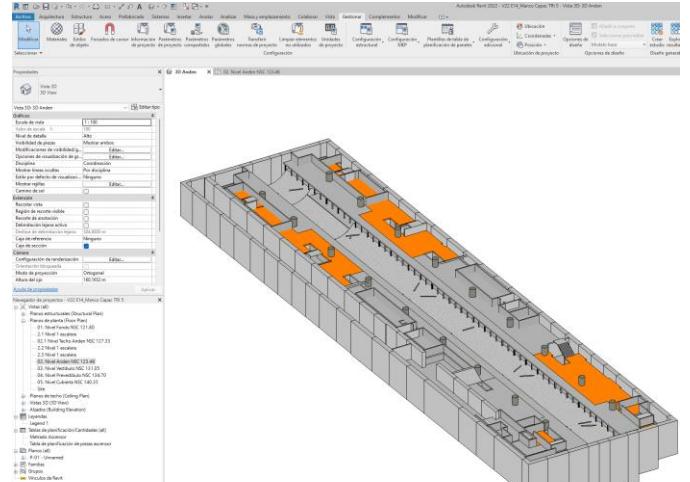
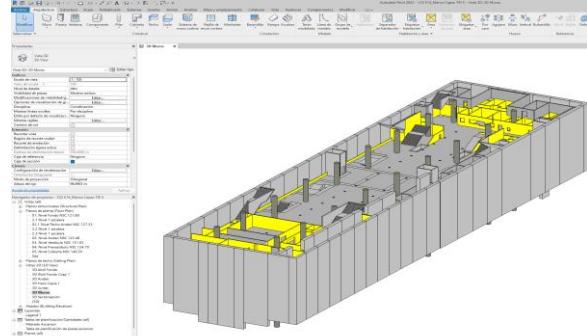
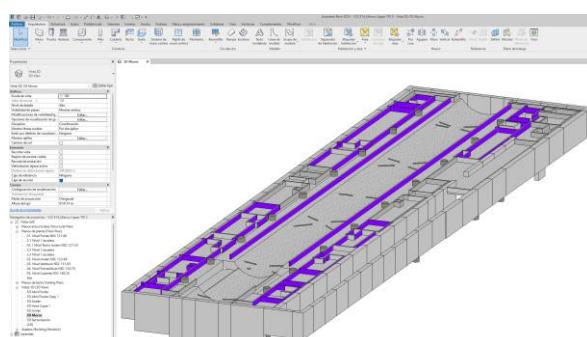
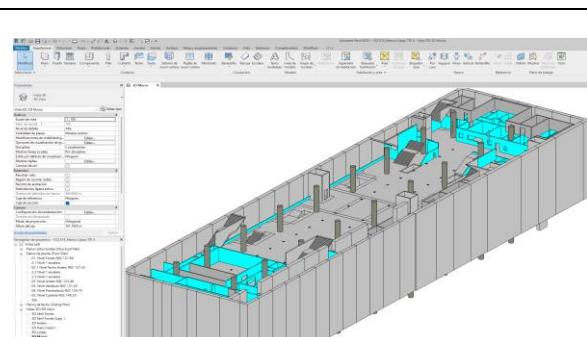
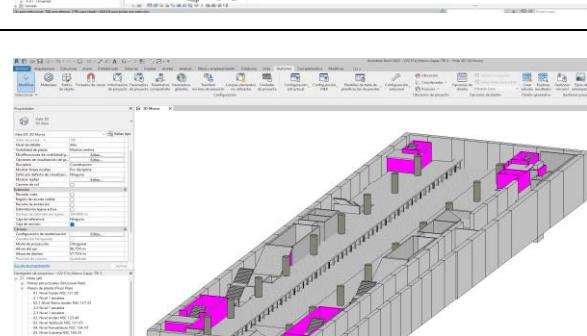
| Ítem  | Descripción  | Estado       |
|-------|--|--------------|
| 1.2.2 | Losa de andén  | No entregado |
|       | <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.2.2.2. Concreto en losa</b><br/>Avance de 186.18m<sup>3</sup> (fases de losa 1, 5 y 6 liberadas)</p>            |              |
|       | <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.2.2.3. Acero de refuerzo para losa</b><br/>Avance de 18,990.40kg (fases de losa 1, 5 y 6 liberadas)</p>        |              |
|       | <p><b>Observación:</b></p> <p><b>1.2.2.4. Encofrado plano vertical</b><br/>Avance de 188.49m<sup>2</sup> (fases de losa 1, 5 y 6 liberadas)</p>  |              |

Tabla N°70 Observaciones para la valorización del trimestre 5 (3/3).  
Fuente: Elaboración propia

| Ítem  | Descripción  | Estado       |
|-------|--|--------------|
| 1.2.3 | Albañilería  | No entregado |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.2.3.1. Albañilería armada</b><br/>Avance de 3,530.15m<sup>2</sup> (albañilería en vestíbulo, andén y fondo).</p>              |              |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.2.3.2. Anclaje con barra de acero y resina Ø1/2"</b><br/>Avance de 2,052und (albañilería en vestíbulo, andén y fondo).</p>   |              |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.2.3.3. Anclaje con barra de acero y resina Ø5/8"</b><br/>Avance de 2,764und (albañilería en vestíbulo, andén y fondo).</p>  |              |
|       | <p><i>Observación:</i></p> <p><b>1.2.3.4. Anclaje con barra de acero y resina Ø3/4"</b><br/>Avance de 573und (albañilería en vestíbulo, andén y fondo).</p>    |              |

### 5.2.6. Sexto trimestre de control

En el sexto trimestre se continúa con la ejecución del anterior trimestre y se terminan de levantar las observaciones y así cerrar la valorización del proyecto.

A partir de los volúmenes de trabajo y liberaciones desarrollados en el presente trimestre, se tiene la siguiente valorización.

Tabla N°71 Valorizaciones del contratista vs. supervisión para el trimestre 6.  
Fuente: Elaboración propia

| Presupuesto (Trimestre 6) |                                      | Calculado por el contratista | Calculado por la supervisión | Contraste  |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| Ítem                      | Descripción                          | Monto (\$)                   | Monto (\$)                   | Monto (\$) |
| <b>1</b>                  | <b>Caja de Estación – Obra Civil</b> | 18,828,614.30                | 18,828,614.30                | 0.00       |
| <b>1.1</b>                | <b>Estructura primaria</b>           | 17,101,455.93                | 17,101,455.93                | 0.00       |
| 1.1.1                     | Movimiento de tierras                | 2,369,281.41                 | 2,369,281.41                 | 0.00       |
| 1.1.2                     | Muro pantalla                        | 7,533,145.51                 | 7,533,145.51                 | 0.00       |
| 1.1.3                     | Losa de cubierta                     | 2,868,568.13                 | 2,868,568.13                 | 0.00       |
| 1.1.4                     | Losa de vestíbulo                    | 1,531,161.88                 | 1,531,161.88                 | 0.00       |
| 1.1.5                     | Losa de fondo                        | 855,906.27                   | 855,906.27                   | 0.00       |
| 1.1.6                     | Pila pilote                          | 1,904,856.18                 | 1,904,856.18                 | 0.00       |
| 1.1.7                     | Pozo de bombeo                       | 10,496.95                    | 10,496.95                    | 0.00       |
| 1.1.8                     | Drenaje bajo losa                    | 28,039.59                    | 28,039.59                    | 0.00       |
| <b>1.2</b>                | <b>Estructura secundaria</b>         | 1,727,158.37                 | 1,727,158.37                 | 0.00       |
| 1.2.1                     | Escaleras                            | 388,028.65                   | 388,028.65                   | 0.00       |
| 1.2.2                     | Losa de andén                        | 255,779.73                   | 255,779.73                   | 0.00       |
| 1.2.3                     | Albañilería                          | 788,623.93                   | 788,623.93                   | 0.00       |
| 1.2.4                     | Ascensor                             | 77,031.67                    | 77,031.67                    | 0.00       |
| 1.2.5                     | Losa de prevestíbulo                 | 217,694.39                   | 217,694.39                   | 0.00       |

Ahora a partir de los metrados de la valorización del sexto y último trimestre del proyecto se desarrolla el avance físico siguiendo la correspondencia entre partida del presupuesto con el ID del cronograma.

Del último cuadro del contraste de valorizaciones en la contratista y la supervisión se puede notar que no existe ninguna diferencia y se alcanzó a cubrir todo el presupuesto logrando terminar de levantar las observaciones y cerrar las no conformidades desarrolladas durante toda la ejecución del proyecto.

Tabla N°72 Avance físico para el trimestre 6.  
Fuente: Elaboración propia

| ID                             | Descripción   | Avance EDI | Avance Real |
|--------------------------------|---|------------|-------------|
| <b>NIVEL LOSA DE CUBIERTA</b>  |   |            |             |
| A1                             | Pre excavación hasta plataforma de trabajo            | 100.00%    | 100.00%     |
| A2                             | Muro pantalla   | 100.00%    | 100.00%     |
| A3                             | Pila pilote   | 100.00%    | 100.00%     |
| A4                             | Excavación hasta cota inferior de losa de cubierta    | 100.00%    | 100.00%     |
| A5                             | Losa de cubierta                                      | 100.00%    | 100.00%     |
| A6                             | Relleno sobre cubierta                                | 100.00%    | 100.00%     |
| A7                             | Cierre de pases temporales en Losa de Cubierta        | 100.00%    | 100.00%     |
| <b>NIVEL LOSA DE VESTÍBULO</b> |   |            |             |
| B1                             | Excavación sobre losa de vestíbulo                    | 100.00%    | 100.00%     |
| B2                             | Losa de vestíbulo                                     | 100.00%    | 100.00%     |
| B3                             | Cierre de pases temporales en Losa de Vestíbulo       | 100.00%    | 100.00%     |
| <b>NIVEL LOSA DE FONDO</b>     |   |            |             |
| C1                             | Excavación bajo losa de vestíbulo hasta losa de fondo | 100.00%    | 100.00%     |
| C2                             | Losa de fondo   | 100.00%    | 100.00%     |
| <b>ESTRUCTURAS SECUNDARIAS</b> |   |            |             |
| D1                             | Escaleras accesos                                     | 100.00%    | 100.00%     |
| D2                             | Escaleras salida emergencia                           | 100.00%    | 100.00%     |
| D3                             | Ascensores  | 100.00%    | 100.00%     |
| D4                             | Losa de prevestíbulo                                  | 100.00%    | 100.00%     |
| D5                             | Losa de andén   | 100.00%    | 100.00%     |
| D6                             | Muro de albañilería armada                            | 100.00%    | 100.00%     |

### 5.3. ENCUESTA DE SALIDA DIRIGIDA A LOS COORDINADORES DE LA SUPERVISIÓN DE OBRAS

Al terminar la implementación del plan propuesto en una estación es importante registrar la opinión de los representantes de la supervisión de las etapas de las estaciones al conocer los resultados obtenidos en la implementación propuesta, entonces se desarrolla una encuesta dirigida a los dos coordinadores de las etapas de las estaciones del Metro, cabe mencionar que el organigrama de la supervisión contempla a los supervisores civiles o coordinadores de las etapas de las estaciones como agentes que lideran al grupo de supervisores de control de calidad (supervisores de campo).

Preguntas    Respuestas 2    Configuración



Sección 1 de 2

## PLAN DE SUPERVISIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS DIGITALES

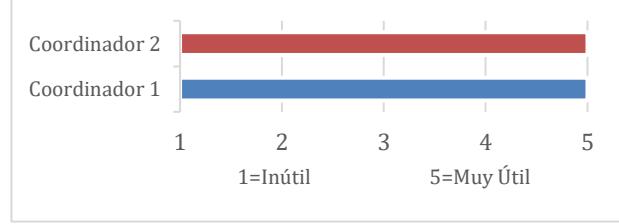
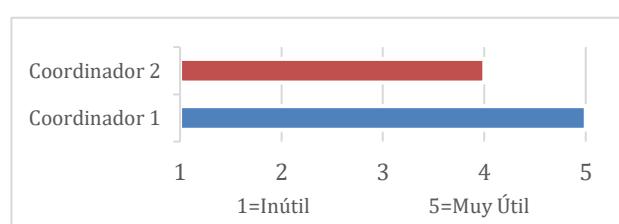
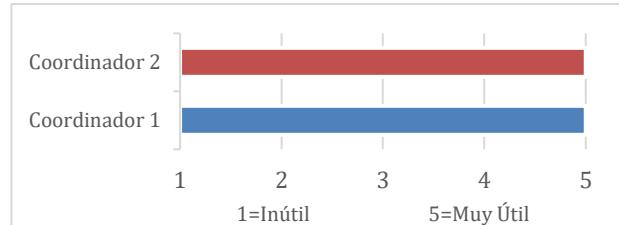
Encuesta dirigenciada a los coordinadores de la supervisión de las estaciones del proyecto de la Línea 2 del Metro de Lima con fines estrictamente académicos.

Figura N°128 Registro del formulario de encuesta para los supervisores civiles o coordinadores de las etapas del proyecto de la Línea del Metro.

Fuente: Elaboración propia

Las primeras tres preguntas son de aspecto general y buscan conocer el grado de utilidad de las tres herramientas utilizadas en la propuesta: Airtable, Miro y el modelo BIM.

Tabla N°73 Resultado de la encuesta dirigida a los coordinadores de la supervisión (1/4).  
Fuente: Elaboración propia

| Pregunta  | Resultado   |             |       |               |   |               |   |
|---|---|-------------|-------|---------------|---|---------------|---|
| 1.- Luego de conocer la propuesta, ¿Qué tan útil considera tener la organización de la información de las liberaciones en una matriz digital como la ofrece "Airtable"? |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Coordinador</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coordinador 2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Coordinador 1</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> | Coordinador | Valor | Coordinador 2 | 5 | Coordinador 1 | 5 |
| Coordinador   | Valor   |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 2   | 5   |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 1   | 5   |             |       |               |   |               |   |
| 2.- Luego de conocer la propuesta, ¿Qué tan útil considera tener la organización de la información de las liberaciones en un panel digital como la ofrece "Miro"?       |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Coordinador</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coordinador 2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Coordinador 1</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> | Coordinador | Valor | Coordinador 2 | 4 | Coordinador 1 | 5 |
| Coordinador   | Valor   |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 2   | 4   |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 1   | 5   |             |       |               |   |               |   |
| 3.- Luego de conocer la propuesta, ¿Usted cree que un modelo BIM es útil para ayudar a gestionar la información de las estaciones?                                      |  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Coordinador</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coordinador 2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Coordinador 1</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> | Coordinador | Valor | Coordinador 2 | 5 | Coordinador 1 | 5 |
| Coordinador   | Valor   |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 2   | 5   |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 1   | 5   |             |       |               |   |               |   |

Las siguientes seis preguntas buscan conocer de forma más específica las versatilidades que ofrecen las herramientas digitales, los coordinadores opinan de forma unánime que los modelos BIM permiten comunicar con más facilidad los avances del proyecto, también coinciden en que la propuesta ayudaría a reducir los tiempos para la determinación objetiva de los avances del proyecto incrementando así la productividad de los supervisores de campo, también los coordinadores coinciden que los cálculos presentan mayor exactitud y estos pueden ser utilizados por todo el equipo de la supervisión.

Por último, los coordinadores opinan que hoy en día el uso de herramientas digitales para la gestión de la información es indispensable para los profesionales involucrados en proyectos.

Tabla N°74 Resultado de la encuesta dirigida a los coordinadores de la supervisión (2/4).  
Fuente: Elaboración propia

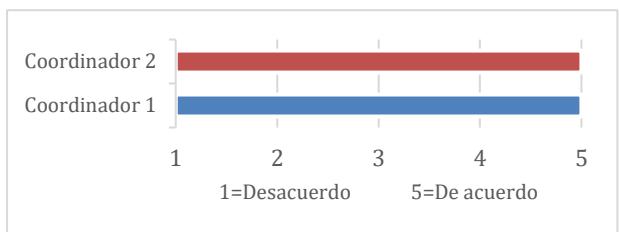
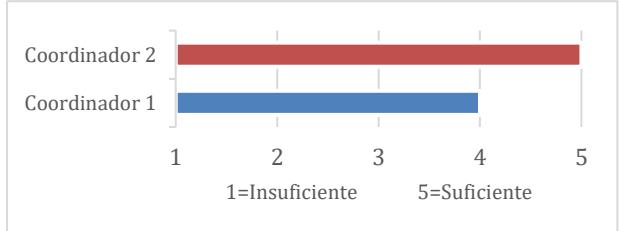
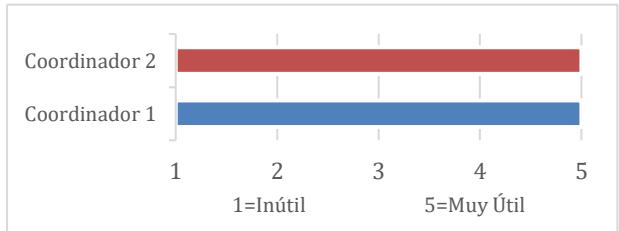
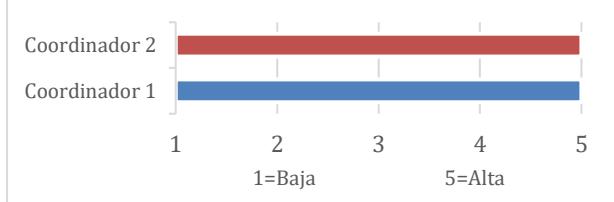
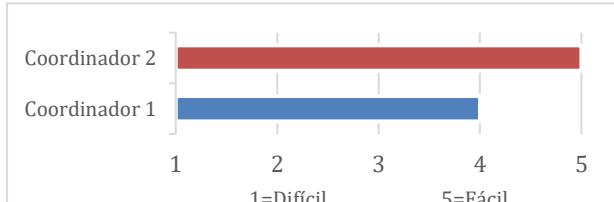
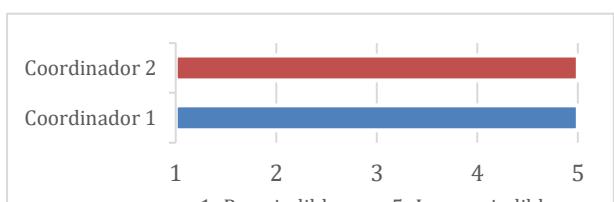
| Pregunta  | Resultado  |             |       |               |   |               |   |
|---|--|-------------|-------|---------------|---|---------------|---|
| 4.- ¿Usted está de acuerdo que tener el modelo BIM de una estación permite comunicar con más facilidad los avances del proyecto?  |  <table border="1"><caption>Data for Question 4</caption><thead><tr><th>Coordinador</th><th>Valor</th></tr></thead><tbody><tr><td>Coordinador 2</td><td>5</td></tr><tr><td>Coordinador 1</td><td>5</td></tr></tbody></table>  | Coordinador | Valor | Coordinador 2 | 5 | Coordinador 1 | 5 |
| Coordinador   | Valor  |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 2   | 5  |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 1   | 5  |             |       |               |   |               |   |
| 5.- ¿Usted considera que la información recopilada en la propuesta por las herramientas digitales es suficiente para determinar las valorizaciones y el avance físico del proyecto de una estación?                         |  <table border="1"><caption>Data for Question 5</caption><thead><tr><th>Coordinador</th><th>Valor</th></tr></thead><tbody><tr><td>Coordinador 2</td><td>5</td></tr><tr><td>Coordinador 1</td><td>4</td></tr></tbody></table> | Coordinador | Valor | Coordinador 2 | 5 | Coordinador 1 | 4 |
| Coordinador   | Valor  |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 2   | 5  |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 1   | 4  |             |       |               |   |               |   |
| 6.- Al conocer las herramientas digitales de la propuesta, ¿Usted cree que estas herramientas les sean de utilidad a los supervisores para reducir sus tiempos en la determinación de las valorizaciones y avances físicos? |  <table border="1"><caption>Data for Question 6</caption><thead><tr><th>Coordinador</th><th>Valor</th></tr></thead><tbody><tr><td>Coordinador 2</td><td>5</td></tr><tr><td>Coordinador 1</td><td>5</td></tr></tbody></table> | Coordinador | Valor | Coordinador 2 | 5 | Coordinador 1 | 5 |
| Coordinador   | Valor  |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 2   | 5  |             |       |               |   |               |   |
| Coordinador 1   | 5  |             |       |               |   |               |   |

Tabla N°75 Resultado de la encuesta dirigida a los coordinadores de la supervisión (3/4).  
Fuente: Elaboración propia

| Pregunta  | Resultado  |
|---|--|
| <b>7.- Al conocer las herramientas digitales de la propuesta ¿Qué grado de confianza le genera la determinación de las valorizaciones y el avance físico?</b>                   |  <p>1=Baja      5=Alta</p>                     |
| <b>8.- ¿Qué tan adaptable le resulta el uso de las herramientas digitales de la propuesta para que puedan ser utilizadas por todo el equipo de supervisores del proyecto?</b>   |  <p>1=Difícil      5=Fácil</p>                 |
| <b>9.- ¿Usted cree que el uso de herramientas digitales como los propuestos en la investigación hoy en día son indispensables para los ingenieros y/o arquitectos en campo?</b> |  <p>1=Prescindible      5=Imprescindible</p> |

Cada herramienta utilizada en la propuesta (Airtable, Miro. BIM) es evaluada a partir de los siguientes parámetros:

- Calidad en la construcción de la estación.
- Comunicaciones entre supervisor y coordinador.
- Productividad del supervisor de obra.

Así que se registra la puntuación de los coordinadores respecto al nivel de utilidad del uso de cada herramienta digital utilizada.

La escala de la puntuación es desde 1 al 5, donde “1” corresponde a “No es útil para mejorar el parámetro respectivo” y “5” corresponde a “Muy útil para mejorar el parámetro respectivo”.

Tabla N°76 Resultado de la encuesta dirigida a los coordinadores de la supervisión (4/4).  
Fuente: Elaboración propia

| Gráfico  | Conclusión    |               |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---|---|---------|---|---|--------------|---|---|--|
| <p>Airtable</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Coordinador 1</th> <th>Coordinador 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Productividad</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Calidad</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Comunicación</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> | Parámetro     | Coordinador 1 | Coordinador 2 | Productividad | 5 | 5 | Calidad | 5 | 5 | Comunicación | 5 | 5 | <p>Las respuestas de los coordinadores hacen que la herramienta "Airtable" reciba altas puntuaciones en los 3 parámetros, destacando en Calidad y Productividad.</p> |
| Parámetro  | Coordinador 1 | Coordinador 2 |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| Productividad  | 5             | 5             |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| Calidad  | 5             | 5             |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| Comunicación   | 5             | 5             |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| <p>Miro</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Coordinador 1</th> <th>Coordinador 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Productividad</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Calidad</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Comunicación</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>     | Parámetro     | Coordinador 1 | Coordinador 2 | Productividad | 5 | 4 | Calidad | 5 | 5 | Comunicación | 5 | 5 | <p>Las respuestas de los coordinadores hacen que la herramienta "Miro" reciba altas puntuaciones en los 3 parámetros, destacando en Comunicaciones.</p>              |
| Parámetro  | Coordinador 1 | Coordinador 2 |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| Productividad  | 5             | 4             |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| Calidad  | 5             | 5             |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| Comunicación   | 5             | 5             |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| <p>BIM</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Coordinador 1</th> <th>Coordinador 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Productividad</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Calidad</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Comunicación</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>      | Parámetro     | Coordinador 1 | Coordinador 2 | Productividad | 5 | 4 | Calidad | 5 | 5 | Comunicación | 5 | 5 | <p>Las respuestas de los coordinadores hacen que la herramienta "BIM" reciba altas puntuaciones en los 3 parámetros, destacando en Comunicaciones.</p>               |
| Parámetro  | Coordinador 1 | Coordinador 2 |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| Productividad  | 5             | 4             |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| Calidad  | 5             | 5             |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |
| Comunicación   | 5             | 5             |               |               |   |   |         |   |   |              |   |   |  |

## CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al inicio de la investigación se citaron artículos como el de Clase Ejecutiva (2017) que cataloga a la construcción como un tipo de industria, sin embargo, ante los problemas investigados y corroborados en la presente tesis hacen que la industrialización del sector construcción aún resulta una quimera.

JLV Consultores desarrolla los aspectos clave para garantizar un eficiente servicio de supervisión de obras durante el proceso constructivo de un proyecto, y el análisis en conjunto con el plan propuesto se presenta en la siguiente tabla.

Tabla N°77 Trazabilidad de los aspectos clave de JLV Consultores con respecto al plan propuesto.  
Fuente: Elaboración propia

| Aspectos                                  | Plan de la propuesta  |
|---|---|
| Control de calidad                        | La propuesta tomo como parte fundamental el cumplimiento de los controles o puntos de inspección de calidad por medio de las liberaciones donde la supervisión participó.   |
| Cumplimiento de especificaciones y planos | La propuesta plantea los flujogramas por partida acompañando del registro durante las liberaciones para cumplir con las especificaciones y planos de diseño.  |
| Seguimiento del Cronograma                | El seguimiento y el cumplimiento del cronograma se determinaron a partir del control del avance físico del proyecto.  |
| Seguridad en el lugar de trabajo          | Si bien no fue parte del desarrollo de la presente investigación, cabe mencionar que con una frecuencia diaria se realizaban los análisis de trabajo seguro antes de iniciar cada actividad y con ayuda de los prevencionistas se liberaban los espacios para desarrollar de forma ordenada las liberaciones de la supervisión. |
| Documentación y Reportes                  | La reportabilidad se mostró a partir del desarrollo de los avances físicos y valorizaciones del proyecto.   |
| Resolución de problemas                   | La resolución de los problemas fue desarrollada lo más rápido posible para tomar acción respecto a cambios en el diseño, el registro fue llevado oportunamente para formar antecedentes que servirán para desarrollar la aprobación de los planos as built del proyecto.  |
| Coordinación con stakeholders             | Las comunicaciones con los interesados del proyecto fue parte fundamental de la presente investigación, sobre todo haciendo énfasis en las comunicaciones entre supervisor y coordinador.   |

Quevedo (2020) sostiene que el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) vayan acompañados de una estrategia de implementación, lo cual fue conveniente en la presente investigación, ya que las herramientas digitales son aplicadas en otros sectores sin embargo su adaptación y

ordenamiento sistemático logró cumplir los objetivos de la supervisión del proyecto.

Aleksandrova et al. (2019) comentan que la principal razón para implementar tecnologías digitales es aumentar la velocidad en la toma de decisiones, tal y como fue desarrollado en la presente tesis, las herramientas digitales permitieron alertaban alertar al equipo de la supervisión y lograr compartir esta información la contratista para que tomen un plan de acción y puedan completar las actividades según el cronograma del proyecto.

Cortes (2020) considera como aspecto clave de un buen servicio de supervisión a los recursos y métodos de supervisión (control de cantidades, control de calidad, control de avance-cronogramas), es así que durante la implementación estos parámetros fueron desarrollados alcanzando resultados óptimos como lo determinan las encuestas de satisfacción.

Cercano (2021) comparo el estado actual con el estado propuesto de su proyecto para encontrar las diferencias marcadas en las características del proyecto, es por ello que la presente tesis toma la plantilla para evidenciar las características y las herramientas utilizadas durante la implementación.

Tabla N°78 Cuadro sobre la gestión aplicando la transformación digital por Cercano (2021).  
Fuente: Elaboración propia

| Descripción de la tarea a realizar   | Plan de la propuesta  |                                       |
|--|---|---------------------------------------|
|  | Características   | Herramientas usadas                   |
| Priorización de datos y resultados a presentar   | Avances físicos, valorizaciones y no conformidades de producto y/o proceso.   | Autodesk Revit, Airtable, Miro, Excel |
| Recolección de datos pertenecientes al proyecto  | EE.TT., Planos, Procedimientos e instructivos de trabajo.   | Smartphone                            |
| Recolección de datos de campo  | Se realiza de manera digital y automática. La frecuencia es diaria. Lo realiza el supervisor de obra.   | Smartphone                            |
| Procesamiento de datos de campo  | No hay necesidad de presentarlos formalmente porque los datos pueden ser extraídos directamente de la nube.                                   | Autodesk Revit, Airtable              |
| Presentación de resultados   | El procesamiento de los datos es inmediato. Los resultados son ordenados y presentados en un formato digital que se actualiza en tiempo real. | Airtable, Excel                       |
| Incorporación de los resultados del Informe Semanal de Producción y demás informes involucrados en el Panel de control semanal | Los resultados son ordenados y presentados en el tablero general de Miro, también los números automáticos vienen a partir de Airtable.        | Miro, Airtable                        |

Arones (2020) comenta una lista de atributos que las herramientas digitales poseen para realizar un análisis por ventajas. Entonces tomamos en cuenta estos atributos para compararlos con las herramientas utilizadas en la presente tesis, es importante resaltar que existe una resistencia a la implementación de digitalizaciones debido a una falsa creencia de que estas herramientas son costosas, sin embargo la presente investigación pudo llevarse a cabo a partir del uso básico de las herramientas Miro y Airtable, es decir en sus versiones gratuitas, y es desde este estado que ya las herramientas presentan amplias versatilidades desarrolladas en la presente investigación.

Existe un atributo que limita el trabajo de las propiedades que poseen las herramientas Miro y Airtable, y este es el acceso a una red de internet, también es importante mencionar que las herramientas Miro resultó una plataforma que albergaba los planos de diseño base del proyecto, pero no realizaban la reportabilidad automática, es por ello que se necesitaba el uso de Airtable.

Es importante realizar una elección por ventajas de estos elementos debido que los atributos lo definen el equipo de proyecto en base a sus objetivos y que estas herramientas sean minimalistas, en un primer momento la idea inicial de la tesis era albergar las versatilidades de ambas herramientas en una sola, lo cual sería idea para tener centralizado toda la información en un solo sistema.

Tabla N°79 Tabla de atributos de las herramientas digitales considerados por Arones (2020).  
Fuente: Elaboración propia

| ATRIBUTOS   | MIRO     | AIRTABLE |
|---|----------|----------|
| Información del expediente técnico en la plataforma digital.                | Si       | Si       |
| Información difundida entre los involucrados de diversas áreas.             | Si       | Si       |
| Generación automática de informes, reportes de obra y cuadros estadísticos. | No       | Si       |
| Notificación de procesos atípicos.  | Si       | Si       |
| Segmentación de equipos de trabajo.   | Si       | Si       |
| Seguimiento de actividades en tiempo real                                   | Si       | Si       |
| Administración de los recursos para el proyecto.                            | Si       | Si       |
| Cambios sin conexión a redes de internet.                                   | No       | No       |
| Edición por parte de los usuarios.  | Si       | Si       |
| Observaciones vinculadas a los planos, fotografías y dibujos a mano alzada. | Si       | Si       |
| Costo mensual acceso a la plataforma (S/)                                   | 0.00 (*) | 0.00 (*) |

## CONCLUSIONES

En el ejercicio de la supervisión de las obras de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima se evidenció el problema de ralentización en los cambios del diseño generados en obra ante la carencia de un registro digital en tiempo real que trae consecuencias de controles deficientes de los planos as built del proyecto de las estaciones.

En el ejercicio de la supervisión de las obras de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima se evidenció la ausencia de controles importantes en el programa de puntos de inspecciones que permiten mejorar la calidad del producto del proyecto.

Los resultados de la encuesta de salida dirigida a los coordinadores de la supervisión de las estaciones determinaron que el modelo BIM permitió generar un fácil entendimiento del estado del proyecto, también la rápida auditoria de los números que reflejaron los avance físicos y valorizaciones de la estación mejorando así las comunicaciones en el equipo de la supervisión.

Los resultados de la encuesta de salida dirigida a los coordinadores de la supervisión de las estaciones determinaron que el uso de las herramientas digitales utilizadas aumenta la confiabilidad para determinar con mayor exactitud los avances y valorizaciones del proyecto debido al soporte digital que se registraba en las herramientas y finalmente se almacenaba en el modelo BIM de la estación supervisada de la Línea 2 del Metro de Lima.

La herramienta Airtable permitió obtener el avance del proyecto en tiempo real y de forma automática a partir de los volúmenes de trabajo ejecutados a partir de las liberaciones donde el supervisor participaba, reduciendo así los trabajos de gabinete que estos resultan lentos e improductivos y restringiendo las valorizaciones del contratista ante entregas incompletas a la supervisión.

La herramienta Miro permitió generar panorama visual transparente del avance del proyecto, además permitió retomar las actividades de las liberaciones de forma rápida ayudando al trabajo del supervisor de obra de las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima.

## RECOMENDACIONES

Ante cambios en los diseños de ingeniería se recomienda utilizar herramientas digitales de gestión de la información debido a que pueden registrar en tiempo real dichos cambios, y asegurar su almacenaje en modelos BIM debido a su facilidad de incorporación de información en los parámetros de proyectos que el software ofrece.

Se recomienda realizar un registro digital de ocurrencias en obra para el aprendizaje personal y este pueda transcender al resto de compañeros del equipo mediante reuniones presenciales y/o virtuales con el equipo de supervisión de obras para generar un espacio de colaboración y participación de todos los miembros que conforman el equipo y así permitir superar las revisiones de los procedimientos e instructivos para mejorar la calidad de las obras de construcción. Al trabajar con modelos BIM se recomienda definir los parámetros de interés del proyecto, debido a que estos son importantes para la extracción y registro de información, siendo el registro importante para las siguientes etapas del proyecto incluso para su operación y mantenimiento.

Es muy importante que independientemente de la herramienta utilizada, esta nos permita obtener resultados confiables con el equipo del proyecto, entonces se recomienda elegir dentro de un universo de variedad de herramientas digitales las que más se adapten a las necesidades del proyecto a partir de un análisis de las ventajas que ofrecen, incluso desarrollar un propio aplicativo para eliminar una dependencia tecnológica por terceros.

Se recomienda que los coordinadores o líderes de grupo de proyectos opten por el uso de procedimientos estandarizado de recopilación de la información, donde se agrupen los datos en matrices como lo ofrece Airtable para la ejecución de fórmulas que permitan calcular de forma automática los números relevantes para el proyecto y así se minimicen los trabajos de gabinete.

Hoy en día es común agrupar a los equipos de proyectos en chats de WhatsApp sin embargo el canal de mensajería resulta desordenado para quienes quieran optar por involucramientos rápidos y productivos, entonces se recomienda adaptar y contar con un espacio digital que permita lograr la colaboración y transferencia de información en tiempo real.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, R., Chandrasekaran, S. y Sridhar, M. (2016). *Imagining construction's digital future*. McKinsey & Company.  
<https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>
- Aleksandrova, E., Vinogradova, V. & Tokunova, G. (2019). Integration of digital technologies in the field of construction in the Russian Federation. *Engineering Management in Production and Services*, 11(3), 38-47.  
<https://doi.org/10.2478/emj-2019-0019>
- Aliaga, G. D. (2012). *Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112356>
- Alvarenga, T., Neves, E. & Brasil, L. (2017). BIM and Lean Construction: The Evolution Obstacle in the Brazilian Civil Construction Industry. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 7(5), 1904-1908.  
<https://doi.org/10.48084/etasr.1278>
- Amivtac Chiapas (2021, 13 de octubre). *Métodos constructivos en la Línea 2 del Metro de Lima y Callao, Msc. Ing. Carmen Deulofeu Palomas* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=rR-orgLnsUA&t=2272s>
- Arayici, Y., Onyenobi, T. & Egbu, C. (2012). Building Information Modelling for Facilities Management: The mediacity case study approach. *International Journal of 3-D Information Modeling*, 1(1), 55-73.  
<http://dx.doi.org/10.4018/ij3dim.2012010104>
- Aronés, M. y Mendoza, A. (2020). *Guía de labores de control usando herramientas digitalizadas para optimizar los tiempos del staff de Producción en partidas de concreto armado de edificaciones multifamiliares en Lima Metropolitana* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/653223>

Asociación Española de Normalización (2000). *Ejecución de trabajos especiales de geotecnia Pilotes perforados (UNE-EN 1536)*. AENOR.

Asociación Española de Normalización (2000). *Ejecución de trabajos geotécnicos especiales Muros-pantalla (UNE-EN 1538)*. AENOR.

Bedoya, D. (2019, octubre 11). San Juan de Lurigancho: Los riesgos que advierte la Contraloría sobre obra que reemplazara al puente Solidaridad. *Diario El Comercio*. <https://elcomercio.pe/lima/obras/san-juan-de-lurigancho-los-riesgos-que-advierte-la-contraloria-en-obra-que-reemplazara-al-puente-solidaridad-noticia/?ref=ecr>

Behzadan, A., Aziz, Z., Anumba, C. & Kamat V. (2008). Ubiquitous location tracking for context-specific information delivery on construction sites. *Automation in Construction*, 17(6), 737-748. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.02.002>

Bermúdez, J. E. (2010). *Mejoramiento de la calidad en la gestión de procesos para supervisión de obras* [Tesis de título profesional]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Blanco, J., Mullin, A., Pandya, K., Parsons, M. y Ribeirinho, M. (2018). *Seizing opportunity in today's construction technology ecosystem*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/seizing-opportunity-in-todays-construction-technology-ecosystem>

Calidad Cloud (s.f.). *Beneficios de trabajar con tu móvil en el terreno (uso de aplicativos móviles)*. Calidad Cloud. <https://www.calidadcloud.com/blog/blog-beneficios-de-trabajar-con-tu-mvil-en-terreno-uso-de-aplicaciones-mviles>

Cámara de Comercio de Lima (2022, junio). Sector Construcción acumula crecimiento de 0,74% entre enero y mayo 2022. CCL. <https://lacamara.pe/sector-construccion-acumula-crecimiento-de-074-entre-enero-y-mayo-2022/>

CB Insights (2016). *No Loose Screws: 31 Tech Startups Attacking the Construction Industry*. CB Insights. <https://www.cbinsights.com/research/construction-tech-market-map-company-list/>

Cercano, O., Ramírez, G. y Tenorio, C. (2021). *Implementación de herramientas de transformación digital en la elaboración de informes de gestión de un proyecto de construcción de edificaciones* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico de la UPC. <http://hdl.handle.net/10757/656201>

Cervantes, L., Bermúdez, L. y Pulido, V. (2019). Situation of Research and its Development in Peru: Reflect of Current State of Peruvian University. *Revista Pensamiento & Gestión*, 46, 311-322. <https://doi.org/10.14482/pege.46.7615>

Clase Ejecutiva (2017, octubre 5). *¿Sabías que la Productividad de la Construcción es más baja que la de toda la Economía?* Clase Ejecutiva. <https://www.claseejecutiva.com.pe/bloq/articulos/sabias-que-la-productividad-de-la-construccion-es-mas-baja-que-la-de-toda-la-economia/>

Clave Ciudadana (2023, abril 10). *Metropolitano: 13 años de informalidad*. Clave Ciudadana. <https://claveciudadana.com/2023/04/10/metropolitano-13-anos-de-informalidad/>

Contraloría General de la República (2021, mayo 7). Contraloría alerta demoras en el inicio de 11 obras de la Línea 2 del Metro de Lima. *Diario Oficial El Peruano*. <https://elperuano.pe/noticia/120287-contraloria-alerta-demoras-en-el-inicio-de-11-obra-de-la-linea-2-del-metro-de-lima>

Cortés, R., Dewez, R. y Zamora, E. (2020). *El rol de la supervisión en obras de infraestructura*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/el-rol-de-la-supervision-en-obras-de-infraestructura/>

Cosapi (s.f.). *Proyectos: Metro de Lima y Callao Línea 2 y Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta*. COSAPI. <https://www.cosapi.com.pe/Site/Index.aspx?aID=951>

- Cruz, J. (2017). *Optimización de flujo de información usando herramienta TIC en la etapa de acabados de un proyecto inmobiliario en Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/9430>
- Cuervo, M. H. (2020). *Tecnologías digitales de la Construcción*. [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad de los Andes, Colombia. <http://hdl.handle.net/1992/50964>
- Digital Bricks (2023). *Rutas de Lima mejoró su productividad en conjunto con sus socios estratégicos tras la implementación de Autodesk Build*. Digital Bricks. <https://digitalbricks.com.pe/casos-de-exito-implementacion/>
- Erbes, A. (2019). *Industria 4.0: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <http://hdl.handle.net/11362/44954>
- Fernández, M. (2013). *Experiencias en la supervisión de obra del camino vecinal Lucanas-Pampahuasi* [Tesis de maestría, Universidad de Piura]. Repositorio académico de la Universidad de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/2621>
- Forbes, L. y Ahmed, S. (2011). *Modern Construction Lean Project Delivery and Integrated Practices* (2.ª ed.). Routledge.
- Galiano, H. J. (2018). *Planeamiento, programación y control de obras de edificaciones empleando herramientas BIM 3D, 4D y 5D* [Tesis de título profesional]. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Guzmán, G. I. (2019). *Aplicación de herramientas y tecnología BIM en la mejora de la gestión de operación y mantenimiento de una infraestructura deportiva* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/20550>
- Instituto de Democracia y Derechos Humanos de la Pontificia Universidad Católica del Perú (2020, diciembre). *Club de la Construcción*. IDEHPUCP.

<https://idehpucp.pucp.edu.pe/observatorio-anticorrupcion/casos/club-de-la-construccion/>

Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (2023, mayo 1). *El surgimiento de China como potencia científica y tecnológica*. Universidad Autónoma de México. [https://www.iingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Gacetamayojunio2023/Paginas/Surgimiento\\_de\\_China\\_como\\_potencia\\_cientifica\\_y\\_tecnologica.aspx](https://www.iingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Gacetamayojunio2023/Paginas/Surgimiento_de_China_como_potencia_cientifica_y_tecnologica.aspx)

Irizarry, J., Gueisari, M., Williams, G. & Walker B. (2013). InfoSPOT: a mobile augmented reality method for accessing building information through a situation awareness approach. *Automation in Construction*, 33, 11-23. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.09.002>

Jiménez, M. (2024, marzo 23). Un tribunal del Ciadi condena a Perú a indemnizar a ACS y FCC por sobrecostes y daños en el Metro de Lima. *Diario El País*. <https://elpais.com/economia/2024-03-24/un-tribunal-del-ciadi-condena-a-peru-a-indemnizar-a-acs-y-fcc-por-sobrecostes-y-danos-en-el-metro-de-lima.html>

JLV Consultores (s.f.). *7 beneficios de acompañar el proceso constructivo de una supervisión de obra*. JLV. <https://www.jlvconsultores.com/7-beneficios-de-acompanar-el-proceso-constructivo-de-una-supervision-de-obra/>

Libaque, C. (2023, octubre 6). *La brecha digital en Perú ¿por qué nos debe preocupar y qué se puede hacer?* Universidad del Pacífico. <https://ciup.up.edu.pe/analisis/brecha-digital-en-peru-por-que-nos-debe-preocupar-y-que-se-puede-hacer/>

López, C., Andreani, L. y Alonso, A. (2001). *Ingeo Túneles* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad Politécnica de Madrid.

Marketwin (2018). *Estudio de tráfico y tendencias de movilidad urbana en Lima - 2018*. [Diapositiva de PowerPoint]. Willard Manrique. <https://willardmanrique.pe/wp-content/uploads/2021/02/Estudio-de-Trafico-y-Tendencias-de-Movilidad-Urbana-2018.pdf>

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (2019). *Plan Nacional de Infraestructura para la competitividad*. Gobierno del Estado Peruano. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_privada/planes/PNIC\\_2019.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_privada/planes/PNIC_2019.pdf)

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (2021, 14 de julio). *Casos prácticos para el registro del avance de la ejecución de la inversión del formato N°12-B*. [Video]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=tE1pAW\\_RkKo](https://www.youtube.com/watch?v=tE1pAW_RkKo)

Ministerio de Economía y Finanzas del Perú (2022). *El MEF publicó lineamientos para la adopción de BIM en el sector público a fin de mejorar la gestión de las inversiones*. Gobierno del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/mef/noticias/672115-el-mef-publico-lineamientos-para-la-adopcion-de-bim-en-el-sector-publico-a-fin-de-mejorar-la-gestion-de-las-inversiones>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (s.f.). *Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao*. MTC. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/concesiones/ferrovias/sistema\\_electrico\\_linea2.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/concesiones/ferrovias/sistema_electrico_linea2.html)

Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado (s.f.). *Contratación de obras públicas, capítulo 5: Valorizaciones y Liquidaciones de Obra*. [Diapositiva de PowerPoint]. OSCE.

Pérez, Y. E. (2014). *Aplicación de nuevas tecnologías en la construcción del proyecto Universidad del Pacífico* [Tesis de título profesional]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Petrov, I. y Hakimov, A. (2019). Digital Technologies in Construction Monitoring and Construction Control. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 497(1), 1-9. [10.1088/1757-899X/497/1/012016](https://doi.org/10.1088/1757-899X/497/1/012016)

PlanGrid (2019). *Construction Productivity 101: A Practical guide to increase Productivity in 7 Easy Steps*. Formwork Industry Association. <https://www.formworkassociation.com.au/news/7252796>

Quevedo, Y. (2020). *Análisis de la brecha digital en el uso de BIM en equipos de construcción*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de tesis PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20067>

Quispe, L. R. (2021). *Aplicación de herramientas BIM en el diseño paramétrico y generativo para la concepción de estructuras complejas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/22360>

Ramos, P. L. (2024, marzo 13). *Justicia de los Estados Unidos ratifica validez de laudos arbitrales a favor de Rutas de Lima*. Radio Programas del Perú. <https://rpp.pe/politica/actualidad/rutas-de-lima-justicia-de-estados-unidos-ratifica-validez-de-laudos-arbitrales-a-favor-de-empresa-noticia-1540911?ref=rpp>

Redacción Gestión (2014, diciembre 29). Obras de Línea 2 del Metro de Lima se culminarán a mediados del 2020. *Diario Gestión*. <https://gestion.pe/economia/empresas/obras-linea-2-metro-lima-culminaran-mediados-2020-89012-noticia/>

Redacción Gestión (2016, diciembre 5). CSIL2: Concesionario de la Línea 2 degrada propuesta técnica inicial con aval de Ositran. *Diario Gestión*. <https://gestion.pe/economia/csil2-concesionario-linea-2-degrada-propuesta-tecnica-inicial-aval-ositran-122709-noticia/>

Revista Costos (2017, 6 de junio) *¿Hacia dónde va la infraestructura del transporte en el Perú?* Instituto Peruano de Economía (IPE). <https://www.ipe.org.pe/portal/hacia-donde-va-la-infraestructura-del-transporte-en-el-peru/>

RPP Noticias (2016, octubre). *¿Cuáles serán las estaciones de la Línea 2 del Metro de Lima?* Radio Programas del Perú. <https://rpp.pe/lima/obras/cuales-seran-las-estaciones-de-la-linea-2-del-metro-de-lima-noticia-971936>

Saad, I. (2000). The project reporter: Multimedia Progress Reporting for Construction Projects. *Construction Congress VI: Building Together for a*

- Better Tomorrow in an Increasingly Complex World*, ASCE, 278, 1165-1176. [https://doi.org/10.1061/40475\(278\)126](https://doi.org/10.1061/40475(278)126)
- Saldías, R. O. L. (2010). *Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnología BIM* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103904>
- Sánchez, J., González, M. y Sánchez, M. (2012). La sociedad de la Información: Genesis, Iniciativas, Concepto y Relación con las TIC. *Revista UIS Ingenierías*, 11(1), 113-128. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/113-128/4569>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2020). *Norma E.070 Albañilería, Reglamento Nacional de Edificaciones*. SENCICO. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Soman, R., Raphael, B., & Varghese, K. (2017). A System Identification Methodology to monitor construction activities using structural responses. *Automation in Construction*, 75, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.12.006>
- TomTom (s.f.). *Traffic index ranking*. TomTom. <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/?country=%20AR%2CBR%2CCL%2CCO%2CPE%2CUY>
- Trauco, J. R. (2022). *Aplicación del software PlanGrid para mejorar el costo, plazo, eficiencia y eficacia en la construcción de la ampliación de la Institución Educativa Virgen Inmaculada en el distrito de San Bartolo, Lima, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31361>
- Trejo, N. A. (2018). *Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>

- Woodman, L. (1985). Information Management in large organizations. In: Cronin, Blaise. Aslib (Ed.), *Information Management from Strategies to Action* (pp. 95-114). Blaise Cronin.
- World Business Council for Sustainable Development (2023, octubre). *Digitalization of the built environment*. WBCSD. <https://www.wbcsd.org/resources/digitalization-of-the-built-environment/>
- Xu, Q., Chong, H. y Liao, P. (2019). Collaborative Information Integration for Construction Safety Monitoring. *Automation in Construction. School of Design and the built Environment*, 102, 120-134. [DOI: 10.1016/j.autcon.2019.02.004](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.004)
- Zarzo, J. L. (2019). *Implementación de un sistema de seguimiento y control usando BIM en las obras civiles de un proyecto petroquímico* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/18999>