



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para  
las pistas de un aeropuerto

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**AUTORES**

Cordova Yacolca, Juan Gerardo  
ORCID: 0009-0007-4935-8571

Lopez Mattos, Hugo Mitsuo  
ORCID: 0009-0003-5650-1509

**ASESOR**

Valencia Gutierrez, Andres Avelino  
ORCID: 0000-0002-8873-189X

**Lima, Perú**

**2023**

## **METADATOS COMPLEMENTARIOS**

### **Datos de los autores**

Cordova Yacolca, Juan Gerardo

DNI: 75096331

Lopez Mattos, Hugo Mitsuo

DNI: 71104497

### **Datos de asesor**

Valencia Gutierrez, Andres Avelino

DNI: 07065758

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Donayre Cordova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

JURADO 2

Vargas Chang, Esther Joni

DNI: 07907361

ORCID: 0000-0003-3500-2527

JURADO 3

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Hugo Mitsuo Lopez Mattos, con código de estudiante N° 201521213, con DNI N° 71104497, con domicilio en Avenida Cuba 1088, distrito Jesús María, provincia y departamento de Lima, y, Juan Gerardo Cordova Yacolca, con código de estudiante N° 201520670, con DNI N° 75096331, con domicilio en la Mz. S´ Lt 2 Villa Limatambo, San Gabriel las lomas, distrito Villa María del Triunfo, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “ Mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para las pistas de un aeropuerto” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Andres Avelino Valencia Gutierrez, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 18 % de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 22 de octubre de 2023



Hugo Mitsuo Lopez Mattos

DNI N° 71104497



Juan Gerardo Cordova Yacolca

DNI N° 75096331

## INFORME DE ORIGINALIDAD TURNITIN

Mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para las pistas de un aeropuerto

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>16%</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Ricardo Palma</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>alicia.concytec.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>issuu.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.utn.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.uap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	

Dra. Vargas Chang Esther Joni

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi padre Juan, eres mi referente en que las metas se pueden lograr con empeño, dedicación y voluntad, a mi madre Mariela, por inculcarme a ser perseverante, tu amor y tu bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino de bien. Muchos de mis logros y todo lo que soy hoy es gracias a ustedes. A mis hermanos Piero y Zaid quienes son mi motivación para ser mejor persona y crecer profesionalmente cada día.

Cordova Yacolca, Juan Gerardo

Dedico esta tesis a mi querido papá Hugo, a mi amada mamá Cecilia, a mi hermana, a mi pareja Valeria y a todos los seres queridos que han estado a mi lado. Su apoyo inquebrantable y amor constante han sido mi mayor inspiración a lo largo de mi carrera universitaria. Con cariño y gratitud, les dedico este logro.

Lopez Mattos, Hugo Mitsuo

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios en primer lugar por haberme permitido llegar hasta aquí, a mis familiares y personas allegadas que siempre me brindaron su apoyo y aliento para ser perseverante y no rendirme hasta lograrlo. Un agradecimiento en especial a mi prima Rosy por haberme dado el impulso para poder realizar este curso de titulación. A Melany por haberme apoyado en todo este camino hasta llegar a cumplir este objetivo.

Cordova Yacolca, Juan Gerardo

Agradezco profundamente a Dios, a nuestros amigos, colegas y docentes por su invaluable apoyo durante la realización de esta tesis. Sus conocimientos y orientación fueron fundamentales para alcanzar este logro académico.

Lopez Mattos, Hugo Mitsuo

## ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD TURNITIN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción del problema .....	3
1.2. Formulación del problema .....	5
1.2.1. Problema General.....	6
1.2.2. Problema Específico.....	6
1.3. Importancia y justificación de la investigación.....	7
1.3.1. Importancia de la investigación: .....	7
1.3.2. Justificación de la investigación: .....	7
1.4. Delimitación del estudio .....	9
1.4.1. Teórica: .....	9
1.4.2. Espacial: .....	9
1.4.3. Temporal .....	11
1.5. Objetivos de la investigación .....	11
1.5.1. General .....	11
1.5.2. Específico .....	11
1.6. Estado del arte .....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	16
2.1. Marco histórico (Antecedentes).....	16
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema de investigación .....	17
2.2.1. Investigaciones Nacionales .....	17
2.2.2. Investigaciones Internacionales .....	23

2.3.	Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	25
2.3.1.	Mapa conceptual de las teorías que sustentan el estudio .....	25
2.3.2.	Movimiento de tierra:.....	26
2.3.3.	Procesos de Movimiento de tierra:.....	27
2.3.4.	Sub base: .....	28
2.3.5.	Eficiencia: .....	31
2.3.6.	Cronograma de obra:.....	32
2.3.7.	Productividad: .....	33
2.3.8.	Lean Construction .....	38
2.3.9.	Plan de Look Ahead:.....	44
2.3.10.	Reporte mensual de Horas Hombre (H.H.) .....	57
2.3.11.	Método del Resultado Operativo.....	59
2.3.12.	Imprevistos: .....	62
2.3.13.	Errores humanos.....	63
2.3.14.	Metodología Project Risk Analysis and Management Guide.....	63
2.4.	Definición de términos básicos .....	92
2.4.1.	Procesos de Movimiento de Tierra: .....	92
2.4.2.	Procesos de ejecución: .....	93
2.4.3.	Planeamiento:.....	93
2.4.4.	Costo: .....	93
2.4.5.	Control de Costos:.....	93
2.4.6.	Recursos: .....	93
2.4.7.	Cronograma contractual:.....	93
2.4.8.	Presupuesto: .....	94
2.4.9.	Rendimiento: .....	94
2.4.10.	Lean Construction: .....	94
2.5.	Hipótesis.....	94
2.5.1.	General .....	94
2.5.2.	Específico .....	94
2.6.	Variables .....	94
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO .....		96
3.1.	Tipo de investigación .....	96
3.1.1.	Por el enfoque: .....	96
3.1.2.	Por el nivel: .....	96



3.1.3.	Diseño: .....	96
3.1.4.	Método: .....	96
3.2.	Población de estudio y Muestra .....	96
3.2.1.	Objeto de estudio: .....	96
3.2.2.	Muestra:.....	97
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	97
3.3.1.	Técnicas de recolección de datos .....	97
3.3.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	97
3.3.3.	Reporta los datos de validez y confiabilidad.....	97
3.4.	Descripción y procedimiento de análisis de datos .....	99
3.4.1.	Técnicas de procesamiento de datos .....	99
3.4.2.	Instrumentos de procesamiento de datos.....	99
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		100
4.1	Resultados .....	100
4.1.1.	Resultado del objetivo específico 1.....	100
4.1.2.	Resultado del objetivo específico 2.....	104
4.1.3.	Resultado del objetivo específico 3.....	106
4.2	Análisis o discusión de resultados.....	111
4.2.1.	Referente al objetivo específico 1 .....	111
4.2.2.	Referente al objetivo específico 2 .....	112
4.2.3.	Referente al objetivo específico 3 .....	113
CONCLUSIONES .....		114
RECOMENDACIONES.....		115
REFERENCIAS.....		117
ANEXOS .....		121
Anexo A.	Autorización de consentimiento para realizar la investigación .....	121
Anexo B.	Matriz de Consistencia.....	122
Anexo C.	Formato de Encuesta para el desarrollo de la investigación .....	123
Anexo D.	Documento de validación de expertos de instrumentos de investigación..	125
Anexo E.	Cronograma contractual del paquete 3 de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.....	128
Anexo F.	Cronograma valorizado del paquete 3 de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez parte I .....	129

<b>Anexo G.</b> Cronograma valorizado del paquete 3 de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez parte II .....	130
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Desglose de Actividades del proceso de movimiento de tierra.....	46
Tabla 2	Metrado de las actividades del proceso del movimiento de la sub base .....	47
Tabla 3	Detalle de Producción de Volquete .....	49
Tabla 4	Cálculo del rendimiento del volquete y volquete requeridos para el proceso de movimiento de tierra.....	50
Tabla 5	Cálculo de las motoniveladoras requeridos para el proceso de movimiento de tierra .....	51
Tabla 6	Análisis de restricciones .....	54
Tabla 7	Causas de no de cumplimiento en obra .....	56
Tabla 8	Reporte mensual de horas hombres trabajadas de abril a julio 2022 .....	57
Tabla 9	Reporte mensual de horas hombres trabajadas de agosto a octubre 2022...	58
Tabla 10	Reporte mensual de horas hombres trabajadas de noviembre 2022 a enero 2023.....	58
Tabla 11	Reporte mensual de horas hombres trabajadas de febrero a marzo 2023....	59
Tabla 12	Costo real - Tabla salarial abril 2022 a mayo 2022.....	60
Tabla 13	Costo real - Incremento de tabla salarial junio a septiembre 2022.....	60
Tabla 14	Costo real - Incremento de tabla salarial octubre 2022 a enero 2023 .....	61
Tabla 15	Costo real - Incremento de tabla salarial febrero a marzo 2023 .....	61
Tabla 16	Costo promedio real acumulado .....	62
Tabla 17	Cuadro de imprevistos y errores humanos identificados.....	66
Tabla 18	Categorías de probabilidad de ocurrencia de imprevistos y errores humanos .....	82
Tabla 19	Registro de Imprevistos y Errores humanos, de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia.....	83
Tabla 20	Categorías del Imprevisto y Error humano según el nivel de impacto.....	84
Tabla 21	Registro de Imprevistos y Errores humanos, de acuerdo a su nivel de impacto.....	85
Tabla 22	Categorías de prioridad para los Imprevistos y Errores humanos .....	86
Tabla 23	Matriz de Probabilidad e Impacto .....	87
Tabla 24	Registro de Imprevistos y Errores humanos según su prioridad .....	87
Tabla 25	Resultados obtenidos del análisis cualitativo de los Imprevistos y Errores humanos identificados en el proceso de movimiento de tierra .....	88

Tabla 26	Definición de variables.....	95
Tabla 27	Matriz de Operacionalización.....	95
Tabla 28	Nivel de validez según el juicio de los expertos.....	98
Tabla 29	Rango de valores del nivel de validez de la encuesta.....	98
Tabla 30	Análisis de restricciones y medidas correctivas .....	101
Tabla 31	Comparativo del metrado y costo del contractual, lookahead y valorizado.....	102
Tabla 32	Comparativa del Precio real H.H. vs Precio presupuesto.....	105
Tabla 33	Tabla de desarrollo de estrategias de respuesta para mitigar los imprevistos.....	106
Tabla 34	Tabla de desarrollo de estrategias de respuesta para mitigar los errores humanos .....	108
Tabla 35	Tabla resumen de los resultados de la investigación.....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tasa de desempleo en Perú por trimestre del año 2022 – 2023 .....	6
Figura 2	Mapa político del Perú.....	10
Figura 3	Ubicación geográfica de la provincia del Callao.....	10
Figura 4	Ubicación del Aeropuerto de Internacional de Jorge Chávez .....	11
Figura 5	Mapa conceptual de la estructura teórica .....	25
Figura 6	Mapa de zonas de actividades en la ampliación del aeropuerto .....	26
Figura 7	Estructura típica de pavimento rígido.....	28
Figura 8	Estructura típica de pavimento asfáltico (flexible).....	29
Figura 9	Mapa de vías de servicio .....	30
Figura 10	Comparativo de material B desde abril hasta diciembre del año 2022 .....	34
Figura 11	Comparativo de material A desde abril hasta diciembre del año 2022.....	35
Figura 12	Comparativo de material c desde abril hasta diciembre del año 2022.....	36
Figura 16	Los 5 pensamientos clave del Lean Construction.....	39
Figura 17	Ocho desperdicios según Lean Construction.....	40
Figura 18	Esquema del enfoque Lean Construction.....	42
Figura 19	Esquema de la metodología Last Planner System.....	43
Figura 20	Sectorización del lado aire y lado tierra .....	45
Figura 21	Cálculo de metrado por día .....	47
Figura 22	Rendimiento de Cargador frontal Caterpillar 966.....	48
Figura 23	Número de cargadores frontales requeridos para el sector 1 y 2 .....	49
Figura 24	Rendimiento de Motoniveladora .....	51
Figura 25	Programación del Lookahead 4 semanas .....	52
Figura 26	Restricciones encontradas durante la programación anticipada de 4 semanas .....	53
Figura 27	Cálculo de porcentaje de plan cumplido .....	55
Figura 28	Etapas de la gestión de riesgo, modelo PRAM .....	65
Figura 29	Diagrama de Ishikawa de errores humanos en el área de Salud Ocupacional en campo en del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de una pista de aeropuerto.....	67
Figura 30	Diagrama de Ishikawa de los errores humanos que se producen en el área de Oficina y Producción en del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de una pista de aeropuerto.....	68

Figura 31	Diagrama de Ishikawa de los imprevistos que se producen en del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de una pista de aeropuerto .....	68
Figura 32	Diagrama de Ishikawa de los imprevistos que se producen en del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de una pista de aeropuerto .....	69
Figura 33	Porcentaje de profesionales en SSOMA según años de experiencia.....	71
Figura 34	Porcentaje de profesionales que han experimentado deslizamiento de taludes.....	72
Figura 35	Porcentaje de profesionales que han experimentado problemas o fallos en las maquinarias .....	72
Figura 36	Porcentaje de profesionales que han experimentado cambios meteorológicos .....	73
Figura 37	Porcentaje de profesionales que han experimentado cambios en el nivel freático .....	74
Figura 38	Porcentaje de profesionales que han experimentado la presencia de restos arqueológicos .....	74
Figura 39	Porcentaje de profesionales que han experimentado daños a tuberías y cables existentes .....	75
Figura 40	Porcentaje de profesionales que han experimentado desafíos relacionados con el alto tránsito vehicular .....	76
Figura 41	Porcentaje de profesionales que han experimentado sobrecostos en los precios del combustible .....	76
Figura 42	Porcentaje de profesionales que han presenciado evaluaciones de riesgo deficiente.....	77
Figura 43	Porcentaje de profesionales que han experimentado la no existencia de un plan de contingencia .....	78
Figura 44	Porcentaje de profesionales que observaron la mala utilización de los Epps .....	78
Figura 45	Porcentaje de profesionales que han presenciado sistemas de gestión deficiente .....	79
Figura 46	Porcentaje de profesionales que han experimentado baja coordinaciones entre departamentos de ingeniería .....	80

Figura 47	Porcentaje según la importancia que se da a la capacitación para mejorar la habilidad de personal .....	80
Figura 48	Porcentaje según la situación encontrada, en tener que trabajar con información desactualizada .....	81
Figura 49	Porcentaje de profesionales que han presenciado la planificación detallada insuficiente.....	82
Figura 50	Área donde se generaron las causas de no cumplimiento.....	102
Figura 51	Gráfico comparativo de las cantidades realizadas .....	103
Figura 52	Gráfico comparativo de los costos.....	104
Figura 53	Costo Acumulado presupuesto vs Costo real H.H.....	105

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo proponer mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto a fin de optimizar la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión en la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, una de las metodologías que se implementó para el desarrollo para los dos primeros objetivos específicos fue el Lean Construction, la primera herramienta utilizada fue el lookahead con el finalidad de determinar las causas de no cumplimiento de las actividades para la defensa del cronograma contractual y lograr mejorar la productividad. Además, se implementó como herramienta el resultado operativo, donde se analizó la base de datos mensual de las horas hombres de cada categoría, lo que permitió hallar la brecha presupuestal del costo real contra el presupuesto base del proyecto. Para el tercer objetivo específico se utilizó la metodología Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM) con el fin de desarrollar estrategias de respuesta para mitigar los imprevistos y errores humanos que suceden durante la ejecución del proceso de movimiento de tierra.

Se realizó la implementación de la metodología Lean Construction, con la herramienta lookahead (planificación anticipada) donde se logró la mejora de la productividad en un 69.77%. Así mismo se realizó el análisis de las restricciones en el proceso del movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto, esto permitió prever y anticipar medidas correctivas para levantar las restricciones antes de la fecha requerida en obra, con esto se logró un 85% del porcentaje de plan cumplido.

Por último, se hizo la implementación de la metodología Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM), metodología que permitió evaluar y encontrar las causas por las que ocurren los imprevistos y errores humanos en el proceso de movimiento de tierra, como resultado de todo ese proceso de evaluación, se logró desarrollar las estrategias de respuesta y se propuso las oportunidades de estrategia de respuesta, asignando el responsable encargado ejecutar dichas medidas de mitigación.

*Palabras claves:* Movimiento de tierra, maquinaria, rendimientos, horas hombre, horas máquina, restricciones, productividad, imprevistos, errores humanos, estrategias de respuesta.



## ABSTRACT

The present research aimed to propose process improvements for airport runway earthworks to optimize sub-base execution through management methodologies, focusing on the expansion of Jorge Chavez International Airport. One of the methodologies implemented for the first two specific objectives was Lean Construction. The initial tool used was lookahead to identify the causes of activity non-compliance with the master plan and enhance productivity. Furthermore, the operational result tool was implemented, requiring an analysis of the monthly database of man-hours for each category. This allowed for the identification of the budgetary gap between the actual cost and the project's base budget. For the third specific objective, the Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM) methodology was employed to develop response strategies for effectively mitigating or managing unforeseen events and human errors during the earthworks process execution.

The Lean Construction methodology was implemented, using the lookahead tool (advanced planning), resulting in a 69.77% productivity improvement. Likewise, an analysis of constraints in the earthmoving process for airport runways was conducted, allowing for the anticipation and implementation of corrective measures to remove constraints before the required deadline, achieving an 85% plan fulfillment rate.

Finally, the Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM) methodology was implemented, enabling us to assess and identify the causes of unforeseen events and human errors in the earthmoving process. As a result of this evaluation process, response strategies were developed, and opportunities for response strategies were proposed, with responsible parties assigned to execute these mitigation measures.

*Keywords:* Earthmoving, machinery, yields, man-hours, machine-hours, constraints, productivity, unforeseen, human errors, response strategies.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo proponer la mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto a fin de optimizar la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión. Bajo el enfoque de las metodologías de Lean Construction y la Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM). Para Vélez, Zapata y Heano (2018), las metodologías de gestión en el campo de la ingeniería civil representan conjuntos de principios, técnicas y procesos empleados por profesionales en esta área. Estas metodologías varían no solo en su estructura, sino también en los resultados esperados, los procesos involucrados y, en algunos casos, en las herramientas de software utilizadas para la gestión de proyectos.

La presente investigación ha sido realizada al haberse observado deficiencias de gestión del proceso de ejecución en el movimiento de tierra en el proyecto de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez. Como consecuencias de estas deficiencias se generaba una baja producción, incremento notable de los costos asociados a la ejecución de las actividades y el incumplimiento de los plazos establecidos. En vista a esto, las posibles causas de la mala gestión es la falta de implementación adecuada de eficientes herramientas de gestión y también la ausencia de estrategias de respuesta de mitigación ante los imprevistos y errores humanos que se dan durante la ejecución del proceso de movimiento de tierra.

Como respuesta a la problemática planteada se implementa la Filosofía Lean Construction en el proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base cuya finalidad es determinar las causas de no cumplimiento con la herramienta Lookahead para defensa del cronograma contractual con el fin de mejorar la productividad, la implementación del resultado operativo con el fin de tener un control del costo de las horas hombres, también como parte de la mejora del proceso se hace la implementación de la metodología PRAM, en base a sus lineamientos se procede a analizar y evaluar las causas que originan los imprevistos y errores humanos que puedan representar una amenaza para el proyecto a fin de desarrollar estrategias de respuesta de mitigación, garantizando de esta manera el cumplimiento de los plazos y presupuestos previamente establecidos. Además, contribuirá a disminuir la vulnerabilidad ante los riesgos asociados a la ejecución de movimientos de tierra en proyectos de construcción de aeropuertos.

En el capítulo I titulado Planteamiento del Problema, tiene como objetivo principal presentar y contextualizar la descripción y planteamiento del problema de investigación,

que da paso a la formulación del problema general y específicos, que nos menciona los problemas que ocurren durante la ejecución del proceso de movimiento de tierra; el objetivo general y los objetivos específicos, la delimitación, su importancia y justificación para llevar a cabo en el presente trabajo de investigación.

En el capítulo II se presenta el Marco Teórico, el cual tiene como propósito brindar el soporte teórico necesario para comprender el problema de investigación y sentar las bases conceptuales sobre las cuales se desarrolla el trabajo. A lo largo de este capítulo, se revisan los principales conceptos, teorías y estudios previos (antecedentes) relacionados con la gestión del movimiento de tierra en proyectos de aeropuertos, enfocado al proceso de ejecución de la sub base de las pistas. En este capítulo se realiza el desarrollo del trabajo de investigación. También se hace la definición de términos básicos, la formulación de la hipótesis general y específicos, concluyendo este capítulo con la definición de las variables.

En el capítulo III denominado Marco Metodológico, se presenta la estructura y enfoque de la investigación. Se especifica el tipo de investigación y se describe la población y muestra de estudio. Además, se detallan las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos, y se explica el procedimiento de análisis que se seguirá. Este capítulo sienta las bases metodológicas necesarias para abordar la mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de pistas de un aeropuerto.

Finalmente, en el Capítulo IV, Resultados y Análisis de Resultados, aquí se exponen y analizan en profundidad los hallazgos obtenidos en relación con la mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para las pistas de un aeropuerto luego de haberse implementado las metodologías de gestión. Se presentan los resultados de manera clara, se realiza un análisis y discusión detallada de estos resultados y se establecen las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Este Capítulo I titulado "Planteamiento del Problema", tiene como objetivo principal presentar y contextualizar el problema de investigación que se abordará en este trabajo. Es una sección importante que establece la base para el desarrollo de la investigación, su importancia, justificación y objetivos a llevar a cabo en el presente trabajo de tesis.

### **1.1. Descripción del problema**

En los proyectos de obras civiles, uno de los problemas más comunes es la mala gestión, lo cual se evidencia cuando un proyecto no logra completarse en la fecha establecida, extendiéndose durante meses e incluso en casos extremos, años. Esta situación conlleva un aumento potencial en los costos necesarios para llevar a cabo las actividades restantes o retrasadas. Es fundamental abordar eficientemente la gestión de estos proyectos para evitar retrasos prolongados y gastos adicionales innecesarios.

Entonces la mala gestión del proceso de movimiento de tierra en proyectos de aeropuertos afecta a todos los futuros usuarios de las instalaciones del aeropuerto, incluso a todos los trabajadores de los puestos de trabajos que podrían existir, también al estado peruano al recibir menos ganancia por el sector turismo, comercial, etc.

En todos los proyectos de obras civiles debe existir la gestión en el proceso y siempre se va buscar analizar y buscar las ineficiencias de cada proceso para poder mejor y optimizar la gestión que existe en cada proyecto.

Sin embargo, existen algunas causas que podemos percibir en la mala gestión, como no contar con un modelo adecuado de gestión, una mala planificación de obra al no tener a los participantes involucrados informados de lo que harán en cada etapa y no tener una buena capacitación del personal en las labores que va a realizar.

Una gestión deficiente puede acarrear una serie de efectos adversos que, de no abordarse adecuadamente, podrían generar graves problemas. Entre ellos, destacan el incremento notable de los costos asociados a la ejecución de las actividades y la demora en la entrega del proyecto. Es esencial resolver estos aspectos para evitar consecuencias negativas en el desarrollo del proyecto.

En el proyecto de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en la ejecución de la sub base de las pistas, los efectos de no resolver la mala gestión serían muy significativas hasta en poner en riesgo la vida humana, existen mayores posibilidades de que ocurran incidentes o accidentes durante el aterrizaje o el despegue de los aviones.

La falta de soporte estructural puede dar lugar a deformaciones o hundimientos en la pista, lo que dificulta la maniobrabilidad de los aviones y aumenta el riesgo de deslizamientos o colisiones.

Si la sub base de la pista no permite un drenaje adecuado, el agua acumulada en la superficie puede crear condiciones propicias para el aquaplaning. El aquaplaning ocurre cuando los neumáticos de una aeronave pierden contacto con la superficie de la pista debido a la presencia de una capa de agua. Esto puede resultar en la pérdida de control del avión, especialmente durante el aterrizaje o el despegue, lo que representa un peligro grave para los ocupantes y personas en tierra.

Una sub base de pista deficiente puede generar asentamientos diferenciales o desniveles en la superficie de la pista. Estas irregularidades pueden poner a prueba el tren de aterrizaje de los aviones, especialmente durante el aterrizaje. Si el tren de aterrizaje se somete a fuerzas desiguales o impactos severos debido a una sub base defectuosa, existe un riesgo de daño estructural que podría comprometer la seguridad de los pasajeros y la tripulación.

En caso de situaciones de emergencia, como aterrizajes de emergencia o abortos de despegue, una sub base de pista inadecuada puede afectar la capacidad de respuesta y maniobrabilidad de los aviones. Si la pista no proporciona una superficie adecuada y estable, podría dificultarse la ejecución segura de dichas operaciones de emergencia, poniendo en riesgo la vida de las personas a bordo y en tierra.

La mala gestión puede manifestarse en diversas condiciones dentro de un proyecto de obras civiles como retrasos de cronograma, desviaciones en el presupuesto, incumplimiento en los estándares de calidad e insatisfacción con el cliente.

En este proyecto donde se manifestó el problema de la mala gestión fue en no lograr en cumplir los plazos de entrega, gastos no contemplados en el presupuesto inicial, los imprevistos y errores humanos en las actividades que se llegaron a realizar como el mal funcionamiento de la maquinaria pesada, falta capacitación de los trabajadores o falta de documentación.

La ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, clasificado como un mega proyecto, tendría un impacto económico sumamente positivo. Esta iniciativa impulsaría el crecimiento económico al aumentar la capacidad de operación y recibir más vuelos y pasajeros. Además, fortalecería el turismo, el comercio y la conectividad nacional e internacional. Asimismo, generaría empleos directos e indirectos en la construcción y operación, estimulando la economía local. La mayor capacidad de carga aérea también

potenciaría el comercio exterior, las exportaciones y la atracción de inversiones extranjeras. La ampliación del aeropuerto tendría un efecto multiplicador en la economía, impulsando sectores complementarios como la construcción de infraestructuras y servicios de transporte. En resumen, este proyecto contribuiría al desarrollo económico sostenible y fortalecería la imagen del país a nivel internacional, generando beneficios en diversos sectores y consolidando su atractivo para negocios y turismo.

De acuerdo a lo previamente expuesto, una gestión inadecuada en este proyecto podría generar un impacto socioeconómico significativo debido a los retrasos en la culminación del mismo, afectando principalmente a los sectores turístico y comercial.

Luego de la problemática mencionada nos hacemos la pregunta: ¿Cómo, la mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto optimiza la ejecución de la sub base utilizando metodologías de gestión?

## **1.2. Formulación del problema**

En la actualidad según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), en nuestro país el sector de construcción presentó una caída de 12% en enero de 2023 y en 4% las operaciones de las empresas de construcción dentro del primer bimestre.

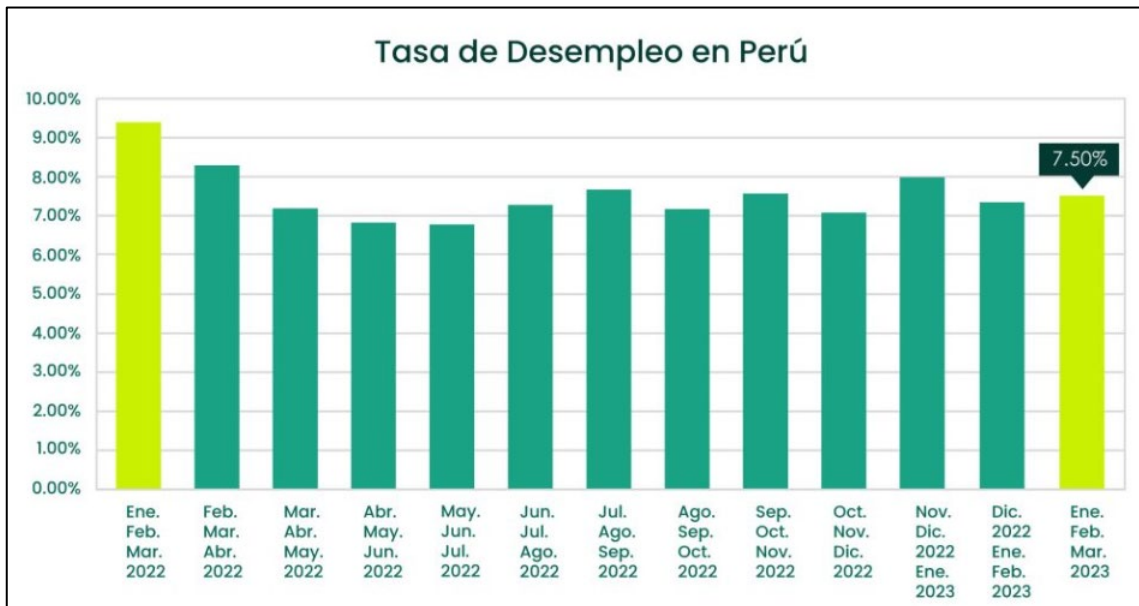
El decrecimiento antes mencionado, fue por motivos de las incertidumbres políticas que llevamos afrontando desde el año 2022. CAPECO acepta el análisis internacional que afirma que la constante crisis política afecta la economía, la inversión y el empleo del país afectado, entonces insiste con la necesidad de replantear los modelos de descentralización y optimizar la gestión estatal.

Los problemas mencionados impactan negativamente en la tasa de desempleo en el sector de construcción en comparación con el primer trimestre del año pasado con 6500 puestos de trabajo, sin embargo, la tasa de desempleo en general incluyendo a todos los sectores involucrados (servicios, manufactura, construcción, comercio) disminuyó 1.9% en comparación al primer trimestre del año pasado según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

En la Figura 1 se muestra la tasa de desempleo en el Perú desde enero del 2022 hasta marzo del 2023 agrupado por trimestres, donde se puede observar que el último trimestre de enero a marzo del 2023 la tasa de desempleo fue del 7.50%.

**Figura 1**

*Tasa de desempleo en Perú por trimestre del año 2022 – 2023*



*Nota.* Tasa de desempleo en Perú, primer trimestre del 2023 por INEI, (2023).

La mala gestión en el proceso de movimiento de tierra es un problema recurrente en la industria de la construcción que genera grandes problemas como los sobrecostos, retrasos en el proyecto, como en términos de calidad y sostenibilidad, lo cual puede ser ocasionado por una mala planificación donde se podría ver reflejado el mal uso de las maquinarias y de los recursos disponibles, lo cual influye de manera directa en la pérdida de dinero y retrasos en el cronograma a ejecutar.

### ***1.2.1. Problema General***

¿Cómo, la mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto optimiza la ejecución de la sub base utilizando metodologías de gestión?

### ***1.2.2. Problema Específico***

- a) ¿Cómo, al analizar las restricciones en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto para defensa del cronograma contractual mejora la productividad?
- b) ¿Cómo, el análisis de las horas hombres por categoría en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto, permite hallar la brecha presupuestal del costo real contra el presupuesto base del proyecto?

c) ¿Cómo, el evaluar los imprevistos y errores humanos identificados en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto permite desarrollar estrategias de respuesta para su mitigación?

### **1.3. Importancia y justificación de la investigación**

#### ***1.3.1. Importancia de la investigación:***

Es importante el trabajo de investigación ya que, al haber identificado los problemas existentes y proponer mejoras al proceso de movimiento de tierra, se contribuye a la reducción de los costos asociados con la ejecución y construcción de la sub base de las pistas de un aeropuerto, reduciendo en el futuro sus gastos de mantenimiento, garantizando la calidad de la infraestructura y promoviendo la sostenibilidad ambiental. Logrando también garantizar que se cumplan los plazos de entrega de la partida, de manera más eficiente y efectiva.

La mejora de las infraestructuras aeroportuarias puede impulsar el desarrollo económico local. Un aeropuerto eficiente y bien mantenido puede atraer a más aerolíneas, aumentar el flujo de turistas y fomentar el desarrollo de actividades comerciales y turísticas en la región circundante. Esto podría generar empleo, estimular la actividad económica y mejorar la calidad de vida de la población local.

Y lo más importante es que, al mejorar los procesos de ejecución de la sub base, se pueden construir pistas de aeropuerto más seguras y estables. Esto contribuirá a garantizar un entorno de operación seguro para los vuelos, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la seguridad de los pasajeros y la tripulación. La población se beneficiaría al tener una infraestructura aeroportuaria confiable que cumpla con los estándares de seguridad más altos. La ingeniería es una carrera de servicio porque protege la vida.

Este trabajo también puede abrir nuevas líneas de investigación y generar nuevas preguntas y áreas de estudios relacionados con la mejora del proceso de movimiento de tierra en la construcción de pistas de aeropuerto que aún no se han explorado en profundidad, lo que puede incentivar a otros investigadores a continuar y expandir el campo de conocimiento.

#### ***1.3.2. Justificación de la investigación:***

a) Teórica:

La investigación tiene una justificación teórica al ampliar el conocimiento existente en este campo específico de la ingeniería civil, ya que, es escaso los proyectos de



investigación enfocado al proceso de movimiento de tierra; partida que es una de las primeras y de vital importancia con la que comienza todo proyecto de construcción.

Al realizar investigaciones teóricas, se pueden desarrollar nuevos métodos, teorías y enfoques conceptuales que brinden una base sólida para comprender y abordar los desafíos relacionados con la gestión del proceso de movimiento de tierra en proyectos de aeropuertos.

b) Práctica:

La investigación tiene una justificación práctica al proponer mejoras a la gestión bien elaborada del proceso de movimiento de tierra, por consecuencia esta garantiza las seguridades de las operaciones, dejando el terreno bien nivelado y sin obstrucciones, esto ayuda a evitar desniveles, pendientes excesivas y terrenos inestables, lo cual reduce el riesgo de accidentes y facilita la ejecución de las siguientes partidas a realizar de manera eficiente. También esto optimiza el diseño de la pista, lo cual al estar bien planificado ayuda a minimizar los tiempos y costos de construcción.

c) Metodología:

La investigación tiene una justificación metodológica al proponer métodos de gestión de movimiento de tierra en proyectos de aeropuertos para mejorar los procesos de ejecución de la sub base de las pistas en la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez

d) Técnica:

La investigación tiene una justificación técnica al buscar soluciones y prácticas efectivas aplicando metodologías de gestión como Lean Construction, Resultado Operativo y la metodología PRAM. Al analizar en proceso del movimiento de tierras y proponer mejoras, se puede lograr una construcción más eficiente, rentable, de alta calidad y minimizando los imprevistos y errores humanos que pueden suceder en la ejecución de la sub base de las pistas, lo que resultará en una infraestructura aeroportuaria más segura y duradera.

e) Socioeconómica:

La investigación tiene una justificación socioeconómica al impactar directamente en la industria de la construcción de aeropuertos y en la sociedad en general. Al mejorar los procesos de ejecución de la sub base de las pistas, se pueden reducir los costos de construcción, optimizar el uso de los recursos y acortar el plazo de entrega del proyecto. Esto puede resultar en beneficios económicos tanto para los inversionistas como para las comunidades locales que dependen de los aeropuertos. Además, una infraestructura

aeroportuaria de calidad contribuye al desarrollo socioeconómico de una región al mejorar la conectividad, facilitando el comercio y el turismo.

f) Ambiental:

La investigación tiene una justificación ambiental al buscar prácticas más sostenibles en la gestión del movimiento de tierra en proyectos de aeropuertos. Al considerar el impacto ambiental durante la construcción de la sub base de las pistas, se pueden tomar medidas para minimizar la erosión del suelo, la contaminación del agua ya que, durante los procesos de excavación, movimiento y compactación de tierra, es posible que se generen sedimentos y materiales contaminantes que pueden llegar a cuerpos de agua cercanos, como ríos, arroyos o acuíferos.

También en minimizar la emisión de gases de efecto invernadero y evitar los “retrabajos” durante la construcción de la sub base de las pistas. Ya que, en la partida movimientos de tierra, se puede generar emisiones significativas de gases que contribuyen al cambio climático. Debido a que, durante las actividades de ejecución, se utilizan maquinarias y equipos que consumen combustibles fósiles, como diesel o gasolina, para operar. La combustión de estos combustibles libera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera. La justificación ambiental se basa en la importancia de promover una construcción más respetuosa con el medio ambiente y la preservación de los recursos naturales para un desarrollo sostenible a largo plazo.

## **1.4. Delimitación del estudio**

### ***1.4.1. Teórica:***

Las fuentes bibliográficas sobre enfocado al tema de la gestión del proceso de movimiento de tierra en proyectos de aeropuertos como ya se mencionó, son escasas, por dicho motivo se tuvo que optar por fuentes de contexto muy similares para poder desarrollar el proyecto de investigación.

### ***1.4.2. Espacial:***

El presente trabajo de investigación se centrará en Lima metropolitana, exactamente en la provincia y distrito del Callao, en el proyecto ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (AIJCh), en la partida de movimiento de tierra ejecutada por la empresa A. En la Figura 2 se muestra la ubicación de la provincia constitucional del Callao en el mapa político del Perú.

## Figura 2

### Mapa político del Perú

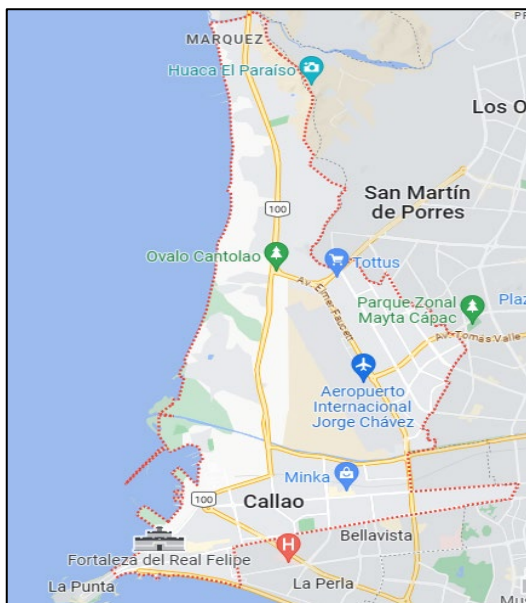


*Nota.* Adaptado de Ubicación de la provincia constitucional del Callao [Fotografía]. Tomado de “Departamentos del Perú,” por Guía Turística Viajar a Perú, 2017 (Departamentos de Perú - Viajar a Perú)

En la Figura 3 se muestra la delimitación de la provincia constitucional del Callao, Lima-Perú.

## Figura 3

### Ubicación geográfica de la provincia del Callao



*Nota.* Adaptado de Delimitación de la provincia constitucional del Callao [Fotografía]. Tomado de Google maps. (Aeropuerto Internacional Jorge Chávez - Google Maps)

En la Figura 4 se muestra la ubicación y el área de ampliación del nuevo Aeropuerto Internacional de Jorge Chávez.

#### **Figura 4**

*Ubicación del Aeropuerto de Internacional de Jorge Chávez*



*Nota. Adaptado del Área de ampliación del nuevo Aeropuerto Internacional de Jorge Chávez [Fotografía]. Tomado del Resumen ejecutivo modificación del estudio de impacto ambiental Aeropuerto Internacional Jorge Chávez 2017 RESUMEN EJECUTIVO (senace.gob.pe)*

#### **1.4.3. Temporal**

La información y datos que fueron utilizados para este trabajo de investigación en el paquete 3 de la partida de movimiento de tierra en la ampliación del (AIJCh) serán enmarcados entre el mes de abril del año 2022 y el mes de marzo del año 2023. Con una duración de 12 meses.

### **1.5. Objetivos de la investigación**

#### **1.5.1. General**

Proponer mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto a fin de optimizar la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión.

#### **1.5.2. Específico**

- a) Analizar las restricciones en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto para defensa del cronograma contractual con el fin de mejorar la productividad.
- b) Analizar las horas hombres por categoría en el proceso de movimiento de tierra en las pistas de un aeropuerto con el fin de hallar la brecha presupuestal del costo real contra el presupuesto base del proyecto.
- c) Evaluar los imprevistos y errores humanos identificados en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto con el fin de desarrollar estrategias de respuesta para su mitigación.

## 1.6. Estado del arte

Objetivo general: Proponer mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto a fin de optimizar la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión.						
Ítem	Autor/ Año / Institución	Título	Variables	Resultado	Conclusión	Metodología
1	JAIME BUSTOS, RAFAEL OLMOS, ANDRÉS SOLAS A./ 2006 / PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE	Gestión de Riesgos Operacionales en Excavación Subterránea (Equipos y Maquinaria de Movimiento de Tierra)	Manejo de riesgos en la operación de excavación bajo tierra / Operaciones de excavación subterránea y sus equipos.	Los resultados obtenidos al identificar los peligros y evaluar los riesgos permiten identificar cuáles son los riesgos más críticos dentro de un proceso dado. En el contexto de este estudio que se enfoca en la excavación subterránea, se han identificado los procesos que requieren un control extremo debido a su alta criticidad. Estos procesos incluyen la manipulación de cargas suspendidas, la instalación de las mallas, también los marcos y sus refuerzos, el suministro de materiales al interior del túnel y, por supuesto, el proceso de excavación en sí.	Es esencial para la adecuada implementación del Modelo de Asesoría de Control de Riesgos que la alta dirección de la organización esté plenamente comprometida e involucrada en la promoción y el respaldo continuo de los cambios necesarios para mitigar los riesgos. Esto puede manifestarse a través de políticas, asignación de recursos, acciones de liderazgo directivo, participación activa en comités, y otras medidas que respalden de manera constante la reducción de riesgos.	Descriptivo / No experimental
2	RODRIGO DOMINGO GUTIÉRREZ MACAYA/ 2009 / UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE	Elaboración de instructivos para movimientos de tierra masivos en faenas mineras	Elaboración de instructivos para movimientos de tierra masivos en faenas mineras. / Movimientos de tierra masivos en faenas mineras.	En este análisis, se pudo observar que la ejecución de una actividad abarca numerosos elementos que a menudo se pasan por alto en la mayoría de los proyectos de construcción. Esta falta de atención a dichos aspectos suele resultar en la entrega de productos deficientes en términos de calidad, un mayor número de accidentes y una contaminación excesiva e innecesaria.	La creación de manuales de instrucciones tiene como objetivo proporcionar una capacitación anticipada a los empleados de un proyecto, reducir al mínimo los posibles errores en la ejecución de tareas, establecer un proceso de trabajo organizado, mejorar la seguridad de los trabajadores y reducir la contaminación del medio ambiente. Esto permite cumplir con los requisitos establecidos por las empresas mineras en la actualidad, que son aplicables a todas las compañías involucradas en sus diversos proyectos.	Descriptivo / No experimental
3	ADOLFO LOPEZ RODRIGUEZ / 2013 / INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	Terracerías y movimiento de tierras en la pavimentación del camino en el municipio de san marco, guerrero	Pavimentación del camino en el municipio de San Marco, Guerrero / Terracerías y movimiento de tierras.	La relevancia de las operaciones de Terracerías y Movimiento de Tierras en la industria de la construcción. Estas actividades, que abarcan desde la excavación hasta el relleno y la nivelación, tienen como propósito primordial la alteración de la topografía original para alcanzar las cotas establecidas en proyectos constructivos. Las conclusiones resaltan la crucial importancia de una planificación meticulosa, la eficacia en la gestión de recursos.	Este trabajo proporciona indicadores y medidas que son comparables con las prácticas actuales. Invita a considerar una metodología diferente desde una perspectiva alternativa. Los resultados pueden generar controversia en ciertas ocasiones, ya que implican cómo las personas aplican sus conocimientos y expresan su experiencia. Esta reflexión es esencial para dar significado y valor al informe y su contribución.	Descriptivo / experimental
4	CARLOS FERNANDO OROZ TITO/ 2015 / UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	Aplicación de herramienta de planeamiento lookahead en construcción de proyecto inmobiliario multifamiliar de 10 pisos	Aplicación de herramienta de planeamiento lookahead / construcción de proyecto inmobiliario multifamiliar de 10 pisos	La herramienta Look Ahead reduce los plazos en obras y mejora el desempeño, como se vio en una obra con una reducción de una 18 a 14 semanas y un 94% de implementación. En construcción, es desafiante implementar el control de productividad debido a múltiples frentes de trabajo, necesitando liderazgo. Las demoras en la entrega generan sobrecostos a pesar de precios competitivos en procesos constructivos debido a deficiencias en los flujos de procesos.	El uso de Look Ahead redujo los plazos en la obra y mejoró el desempeño. Implementar control de productividad es difícil. Las programaciones a menudo tienen exceso de tiempo. Las demoras en la entrega generan sobrecostos por problemas en los procesos. Planificación eficiente es clave, pero hay desafíos en el campo y en la gestión	Descriptivo / experimental
5	GOMEZ SANCHEZ JUAN PABLO, MENDOZA CHANG DIEGO BRANDO Y PEREZ REYMUNDO JEAN PIERRE/ 2015 /	Aplicación de lean construction para la ejecución de un proyecto de vivienda. caso práctico "Edificio Maurtua III"	Aplicación de lean construction / ejecución de un proyecto de vivienda. caso práctico "Edificio Maurtua III"	Los principios Lean en la construcción reducen los tiempos y aumentan la productividad, generando ahorros significativos en plazos y costos. Sin embargo, este beneficio no se traduce en ahorros en la mano de obra subcontratada. La herramienta Last Planner' ayuda a reducir la variabilidad en el proyecto. No obstante, su éxito depende de un equipo comprometido y una	El uso de los principios de lean en la construcción reduce los tiempos y aumenta la productividad, generando ahorros en costos y plazos. Sin embargo, no reduce los costos de mano de obra subcontratada. El Last Planner ayuda a reducir la variabilidad en el proyecto, pero se requiere un equipo comprometido. Las empresas medianas y	Cuantitativo / Experimental

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

logística eficiente. Empresas pequeñas y medianas no adoptan Lean debido a la falta de comprensión de su impacto en la mano de obra y los costos. La planificación lookahead puede llevar a la sobreutilización de la mano de obra si no se gestiona adecuadamente.

pequeñas a menudo no aplican estas herramientas por falta de comprensión.

6	BELLO LOZANO, ARBEY SAMIR ÁLVAREZ BARRIOS, JORGE LUIS/ 2015 / UNIVERSIDAD DE CARTAGENA	Análisis del desempeño de maquinaria pesada en las operaciones de movimiento de tierras en Cartagena: Estudio de caso en las urbanizaciones Coral Lakes y Zona Franca Parque Central.	Eficiencia de equipos de gran envergadura en las operaciones de movimiento de tierra en Cartagena / Estudio de caso en Urbanización Coral Lakes y Zona Franca Parque Central.	Podemos inferir que la mayoría de estas empresas se basan en las pautas proporcionadas por los manuales de los fabricantes para obtener estimaciones de rendimiento. Solo dos de las ocho compañías encuestadas mencionaron que, además de consultar los manuales de los fabricantes, emplean registros diarios en el sitio de trabajo y datos históricos para calcular la productividad o rendimiento de sus equipos. Además, estas empresas utilizan diversas unidades de medida al definir los rendimientos y creen que al presupuestar o cotizar utilizando estas unidades, obtienen estimaciones realistas de la producción.	La comprensión específica de la eficiencia de maquinaria pesada podría extenderse a un conjunto más amplio de actividades o elementos que deben medirse. Esto incluiría no solo equipos utilizados en operaciones de movimiento de tierra, sino también en proyectos de construcción y desarrollo urbano en general. Además, este enfoque podría integrarse con la evaluación del desempeño de la mano de obra calificada, y podría expandirse para incluir equipos industriales utilizados en el mantenimiento de instalaciones industriales.	Documental / Observación / Experimental
7	ALDRIN SANCHEZ SANCHEZ JAVIER VIZCARDO GUERRA / 2016 / UPC POSTGRADO	Gestión de riesgos en obras de movimiento de tierra en la sierra del Perú – ámbito minero	Gestión de riesgos en obras de movimiento de tierra /Obras de movimiento de tierra	Los proyectos de excavación de tierras en la industria minera, especialmente en áreas montañosas de nuestro país, conllevan diversos riesgos relacionados con la naturaleza, el diseño y el entorno. Una gestión eficiente de los riesgos en un proyecto tiene como objetivo principal la reducción tanto del número de amenazas que se materializan en problemas como de la magnitud de los problemas que puedan surgir. Además, esta gestión efectiva también se traduce en una mayor capacidad para identificar de manera proactiva oportunidades que puedan convertirse en ventajas para el proyecto.	Implementación de reuniones semanales en el sitio de trabajo, en las cuales se aborden diversos aspectos, como la actualización del cronograma del proyecto y el análisis de las actividades críticas del mismo. También se discute el porcentaje de avance real del proyecto en comparación con lo planificado, se revisan los informes de rendimiento de los equipos, se analiza la operatividad y la utilización de equipos (horas de trabajo por categoría, equipos subcontratados con horas mínimas) y se presentan los informes de productividad tanto para la mano de obra como para los equipos	Documental / Observación / Experimental
8	NICOLÁS ALEJANDRO CAMPOS VILLANUEVA / 2017 / UNIVERSIDAD ANDRES BELLO	Implementación de protocolo triple chequeo de movimiento de tierra en conformidad con el estándar minero.	Implementación de protocolo triple chequeo de movimiento de tierra en conformidad con el estándar minero	La compañía contratista presenta deficiencias en las dimensiones de las barreras de contención en las vías destinadas al tránsito de camiones y maquinaria. Tras una inspección técnica en el sitio de trabajo realizada en colaboración con el personal de la División El teniente, se ha decidido suspender temporalmente las labores hasta que se corrijan las alturas de las barreras.	Los beneficios de emplear una lista de control en proyectos de construcción son amplios y aplicables en todas sus fases, ya que facilita la organización cronológica y asegura el cumplimiento de las tareas. Además, esta herramienta resulta fundamental cuando se busca documentar los elementos inspeccionados y especificar claramente quiénes son los encargados de cada aspecto.	Descriptivo / experimental
9	GEHU ELI VÁSQUEZ VÁSQUEZ / 2018 / UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION Enrique Guzmán y Valle	Procesos tecnológicos para el movimiento de tierras en pistas y pavimentos	Movimiento de tierras / procesos tecnológicos	Las máquinas que tienen la tarea de transportar material, pueden ser de varios tamaños y tipos, como las máquinas rígidas o articuladas, desempeñan un papel fundamental en el transporte de la materia prima. Los movimientos de tierra en pavimentos tienen como objetivos principales embellecer, otorgar solidez y brindar resistencia al desgaste.	A lo largo de la elaboración de su proyecto, se ha destacado que las operaciones de movimiento de tierras constituyen una de las fases iniciales fundamentales en cualquier proyecto de construcción. Por esta razón, es imperativo tener en cuenta todas las precauciones y cuidados posibles para asegurar una ejecución exitosa y, en última instancia, obtener los resultados deseados. Esta etapa de trabajo prepara y acondiciona el terreno necesario para dar inicio a la construcción, lo que significa que una ejecución deficiente podría acarrear pérdidas económicas significativas.	Investigación experimental

10	LUIS MIGUEL BOCANEGRA MÁXIMO/ 2018 / UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO	Control de costos mediante la aplicación de la metodología resultado operativo en la obra edificio multifamiliar Catalina	Control de costos mediante la aplicación de la metodología resultado operativo / Obra edificio multifamiliar catalina	La metodología del "Resultado Operativo" utilizada en el informe demostró ser efectiva en la gestión de recursos y control económico en la construcción del Edificio Multifamiliar Catalina. Se alcanzó un margen de utilidad del 8.21%, aunque ligeramente por debajo del objetivo del 8.54%. Se destacan herramientas de seguimiento, una estructura organizativa clara y un sistema de información como factores clave para el éxito. Además, el análisis de causas y la implementación de acciones permitieron la mejora continua en la gestión del proyecto.	El uso de la metodología del "Resultado Operativo" demostró eficiencia en la gestión de recursos, calidad y seguridad en el proyecto, con un margen de utilidad del 8.21% frente al objetivo del 8.54%. Las herramientas de seguimiento y control fueron fundamentales, al igual que la estructura organizativa. La implementación del software ERP S10 optimizó la administración de recursos, y la estructuración del presupuesto mejoró el control de costos. El análisis de causas y la toma de decisiones basadas en datos condujeron a la mejora continua del proyecto. Se determinaron acciones para una proyección de saldo más precisa y la detección de posibles desviaciones hacia el final de la obra.	Cuantitativo / Experimental
11	BACH SALAS VIDAL, JOSE EDUARDO / 2019 / UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	Maximizar el ciclo de carguo y acarreo para minimizar el costo de operación en el proyecto de movimiento de tierras de la cantera américa en la mina pierina, minera barrick misquichilca s.a.	Maximizar el ciclo de carguo y acarreo /Minimizar el costo de operación en el proyecto de movimiento de tierras de la cantera América en la mina Pierina, minera Barrick Misquichilca	Al inicio de las operaciones, se registró un costo inicial efectivo de 4.774 US\$/m3, en contraste con el costo contractual de 4.052 US\$/m3. Esto resultó en un déficit de 0.722 US\$/m3. Por lo tanto, el departamento de ingeniería tomó la determinación de mejorar y optimizar todos los procesos. Después de implementar estas mejoras, se logró reducir el costo de operación efectivo a 3.746 US\$/m3, lo que finalmente generó un margen de beneficio de 0.307 US\$/m3.	Se logró incrementar la eficiencia de los equipos en las actividades de carga y transporte en el proyecto de movimiento de tierras al aplicar las prácticas exitosas en cada uno de estos aspectos. Como resultado de estas mejoras, se logró reducir el costo de operación en 0.307 US\$/m3 con respecto al costo de operación originalmente acordado en el proyecto.	Aplicativa
12	Bach. JIMENEZ SULLCAPOMA FREDDY Bach. QUESADA VARGAS BRAYAN JULIO / 2021 / UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	Mejora de los procesos constructivos aprovechando los residuos de la construcción y demolición en lima metropolitana	Aprovechamiento de los residuos de la construcción y demolición / Mejora de los procesos constructivos	La inclusión de agregados reciclados derivados de la reutilización ayuda a disminuir la contaminación ambiental, reduce la extracción de materiales vírgenes y fomenta la economía circular al generar menores emisiones y mejorar los costos de producción.	En proyectos de construcción, tanto en obras civiles como en edificaciones, es esencial reducir la cantidad de residuos producidos, optimizar la utilización de recursos, aumentar la productividad y disminuir el consumo de recursos naturales en todas las fases y procesos.	Aplicativa
13	VICTOR EDUARDO GASTELO ORLANDINI / 2022 / UNIVERSIDAD DE PIURA	Implementación del sistema Last Planner en el proyecto edificio multifamiliar Kenko	Implementación del sistema Last Planner / proyecto edificio multifamiliar Kenko	Implementar el sistema Last Planner en la construcción de un edificio para mejorar la planificación y flujo de trabajo. A pesar de desafíos iniciales, se ve como un paso hacia la mejora continua. Destaca la importancia de programar semanalmente, tener protocolos estandarizados y abordar las causas de incumplimiento para mantener un flujo de trabajo eficiente.	El Last Planner System busca mantener un flujo constante de producción y reducir la variabilidad en la construcción, a pesar de enfrentar desafíos iniciales. Se controla la variabilidad programando actividades sin restricciones y entregando programación semanal a contratistas. La planificación intermedia se hace a 4 semanas. Se destacan disputas entre contratistas y la importancia de protocolos para mantener flujos de trabajo eficientes.	Descriptivo / No experimental

Nota. Elaboración propia



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el Marco Teórico, el cual tiene como propósito brindar el soporte teórico necesario para comprender el problema de investigación y sentar las bases conceptuales sobre las cuales se desarrollará el trabajo. A lo largo de este capítulo, se revisarán los principales conceptos, teorías y estudios previos (antecedentes) relacionados con la gestión del proceso de movimiento de tierra en proyectos de aeropuertos, enfocado los procesos de ejecución de la sub base de las pistas.

### 2.1. Marco histórico (Antecedentes)

La fecha exacta del inicio de los movimientos de tierra en la historia es desconocida. Aunque se cree que está relacionado con las creaciones de las maquinarias pesadas, cuyo objetivo principal era mejorar el rendimiento y reducir costos tanto en trabajos agrícolas como en movimiento de terrestres.

Estados Unidos fue uno de los primeros países en desarrollar maquinarias para reducir la mano de obra en sectores como agricultura y construcción gracias a la interrelación entre manufactureros y operarios, lo que llevó a una mejora del diseño y productividad de las máquinas.

Alrededor de 1880 hasta el final de la Primera Guerra Mundial, surgieron las máquinas para el movimiento de tierras. Las estructuras de estas máquinas de esa época son similares a las que vemos hoy; sin embargo, eran tirados por animales y tenían un alto costo de mantenimiento ya que cada máquina requería de 10 a 6 mulas para operar. Luego pasó de la tracción animal a la de vapor, que se utilizó durante más de medio siglo, lo que provocó el estancamiento del desarrollo en este campo Londoño (2010).

Después de la Segunda Guerra Mundial, la mecanización de todas las actividades mineras fue cambiando al emplear maquinaria pesada de gran tamaño, además de la necesidad de garantizar la viabilidad económica de una explotación a cielo abierto, lo que requería un gran número de maquinaria pesada y mucho más trabajadores. Desde entonces, la maquinaria pesada ha dado lugar en un sector industrial significativamente importante. (Rubio, 2014, p. 22).

Actualmente se está produciendo un cambio significativo en la tecnología de equipos, particularmente en la transición de la mecánica a la hidráulica. Este cambio implica la utilización de principios físicos conocidos y aplicados anteriormente para impulsar mecanismos hidráulicos más simples, pero más eficientes, impulsados por presión o

aceite, en lugar de componentes como poleas, engranajes y bandas. Los países más avanzados están comenzando a incorporar electrónica en sus maquinarias, lo que resulta en una mayor facilidad de maniobra, rapidez y eficiencia.

La incorporación de computadoras en estos nuevos sistemas ha hecho que las operaciones sean más fáciles de realizar, lo que ha aumentado la precisión y la autonomía de manera sin precedentes. Esto ha permitido el desarrollo de sistemas de control remoto, que actualmente se están convirtiendo en una tendencia en la maquinaria pesada utilizada en la construcción y en otros campos.

En resumen, el funcionamiento de los equipos está cambiando como resultado de los avances tecnológicos, que están reemplazando los componentes mecánicos por soluciones hidráulicas y electrónicas. Estas mejoras no solo aumentan la eficiencia, sino que también facilitan el funcionamiento, mejoran la precisión y permiten el control remoto en una variedad de aplicaciones industriales.

## **2.2. Investigaciones relacionadas con el tema de investigación**

### ***2.2.1. Investigaciones Nacionales***

Gastelo (2022) en su trabajo de investigación titulada Implementación del sistema Last Planner en el proyecto edificio multifamiliar Kenko, tuvo como objetivo principal ajustar la planificación de la construcción debido a la COVID-19 utilizando el sistema Last Planner y Lean Construction. Para lograr este propósito, se empleó un enfoque mixto que combinó el análisis de datos y la implementación de un sistema de gestión. El proyecto de construcción del Edificio Multifamiliar Kenko sirvió como muestra en esta investigación. El instrumento utilizado fue el Last Planner System, cuyo resultado fue la implementación exitosa del sistema Last Planner en la construcción del edificio para mejorar la planificación y el flujo de trabajo. A pesar de los desafíos iniciales, se considera un paso hacia la mejora continua. Se enfatiza la importancia de la programación semanal, la estandarización de protocolos y abordar las causas de incumplimiento para mantener un flujo de trabajo eficiente. Comentario: En este trabajo de investigación nos menciona la utilidad de implementar el sistema Last Planner en proyectos de construcción para mejorar la planificación y el flujo de trabajo. A pesar de algunos desafíos iniciales, se considera un paso hacia la mejora continua. Se subraya la importancia de la programación semanal, protocolos estandarizados y la identificación de causas de incumplimiento para mantener la eficiencia en la construcción.

Jimenez y Quesada (2021) en su investigación Mejora de los procesos constructivos aprovechando los residuos de la construcción y demolición en lima metropolitana, Se llevó a cabo una investigación sobre la posibilidad de emplear residuos provenientes de procesos constructivos y demolición en las estructuras de terraplenes, con el objetivo principal de estudiar sus diferentes tipos y determinar las áreas donde es viable utilizarlos. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo del costo entre estos materiales reciclados y los convencionales utilizados en este tipo de construcciones. Utilizando el modelo que aplica Boussinesq para calcular elasticidad, fue posible obtener información crucial acerca del comportamiento vertical al cual está sometida dicha estructura a distintas profundidades; lo que permitió finalmente establecer cuál sería su uso potencial dentro del diseño edilicio correspondiente e identificar cómo afectaría esto directamente en términos económicos. Comentario: Su investigación se llevó a cabo sobre la posibilidad de emplear residuos provenientes de procesos constructivos y demolición en las estructuras de terraplenes, con el objetivo principal de estudiar sus diferentes tipos y determinar las áreas donde es viable utilizarlos. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo del costo entre estos materiales reciclados y los convencionales utilizados en este tipo de construcciones. Comentario: Utilizando el modelo que aplica Boussinesq para calcular elasticidad, fue posible obtener información crucial acerca del comportamiento vertical al cual está sometida dicha estructura a distintas profundidades; lo que permitió finalmente establecer cuál sería su uso potencial dentro del diseño edilicio correspondiente e identificar cómo afectaría esto directamente en términos económicos.

Sanchez y Vizcardo (2016) en su investigación Gestión de riesgos en obras de movimiento de tierra en la sierra del Perú – Ámbito minero tuvo como objetivo analizar los riesgos asociados a obras de movimiento de tierra en la sierra del Perú, específicamente aquellas relacionadas con la actividad minera. Estas obras presentan un alto grado de peligrosidad y, cuando no se abordan adecuadamente, pueden generar importantes impactos negativos sobre aspectos diversos tales como la rentabilidad del proyecto, el medio ambiente o las personas que trabajan allí. Con este propósito, el autor ha implementado métodos innovadores basados en técnicas avanzadas para identificar y evaluar los principales peligros involucrados, así como mejores prácticas tendientes a priorizar una gestión efectiva y sostenible frente al conjunto total de posibles escenarios relevantes bajo estos contextos desafiantes. Comentario: En su investigación tuvo como objetivo analizar los riesgos asociados a obras de movimiento de tierra en la sierra del Perú, específicamente aquellas relacionadas con la actividad minera. Estas obras

presentan un alto grado de peligrosidad y, cuando no se abordan adecuadamente, pueden generar importantes impactos negativos sobre aspectos diversos tales como la rentabilidad del proyecto, el medio ambiente o las personas que trabajan allí. Con este propósito. Comentario: el autor ha implementado métodos innovadores basados en técnicas avanzadas para identificar y evaluar los principales peligros involucrados, así como mejores prácticas tendientes a priorizar una gestión efectiva y sostenible frente al conjunto total de posibles escenarios relevantes bajo estos contextos desafiantes.

Salas (2019) en su trabajo de investigación Maximizar el ciclo de carguío y acarreo para minimizar el costo de operación en el proyecto de movimiento de tierras de la cantera América en la mina Pierina, minera Barrick Misquichilca S.A tuvo como objetivo general maximizar el ciclo de carguío y acarreo para reducir los costos de operación en el proyecto de movimiento de tierras de la cantera América en la mina Pierina de Barrick Misquichilca S.A. en 2018. La falta de rendimiento en las operaciones de los equipos de movimiento de tierras dificulta la elaboración de presupuestos precisos, lo que lleva a problemas en el cumplimiento del cronograma del proyecto. Esto afecta tanto al contratista ESMAC S.A. (multas, mayores gastos de personal, etc.) como al cliente. Comentario: El autor utilizó el método científico, específicamente el método deductivo, para mejorar el ciclo de carguío y acarreo en el proyecto Cantera América, lo que resultó en una reducción de los costos de operación y validó su hipótesis de investigación.

Torres y Villanueva (2014) en su trabajo de investigación Diseño y desarrollo de una herramienta para el dimensionamiento óptimo de flotas de movimiento de tierras en obras civiles, tuvo como metodología la toma de información bibliográfica en movimiento de tierra, normas técnicas y tesis de temas similares, donde el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo implementar la optimización de los procesos constructivos y mostrar cómo el análisis e interpretación de los resultados de un estudio relacionado con cualquier actividad de construcción, brinda una valiosa oportunidad para mejorar las condiciones iniciales. El objetivo principal es minimizar las ineficiencias y las pérdidas en el flujo de trabajo, partiendo de la premisa de maximizar la eficiencia y productividad. Comentario: Donde podemos concluir que Un análisis adecuado de las condiciones reales en las actividades constructivas, junto con un muestreo preciso, permite la optimización y ofrece ventajas de mejora continua. Factores como la calidad de la vía, la velocidad de operación y la cantidad de equipos en movimiento influyen en la eficiencia y la sincronización del trabajo, además se determinó que la reducción de

costos y el aumento del rendimiento están asociados con el beneficio económico. Aplicar la herramienta de dimensionamiento de flotas correctamente habría mejorado la eficiencia y aumentado las ganancias en ambos proyectos.

Oroz (2015) en su trabajo de investigación titulada Aplicación de herramienta de planeamiento lookahead en construcción de proyecto inmobiliario multifamiliar de 10 pisos, tuvo como objetivo principal de esta investigación fue destacar los beneficios de la herramienta de control Look Ahead en términos de tiempo y costos en comparación con el sistema tradicional. Para alcanzar este propósito, se utilizó un enfoque metodológico mixto que involucró datos recopilados en el sitio de construcción y datos de la empresa, aplicando metodologías como Lean Construction y el sistema Last Planner. Esto abarcó elementos como el programa maestro, el Look Ahead, el análisis de restricciones y el planificador semanal. Los resultados mostraron que la herramienta Look Ahead puede reducir los plazos de construcción y mejorar el rendimiento, como se evidenció en un proyecto que redujo su duración de 18 a 14 semanas y logró una implementación del 94%. En la industria de la construcción, la implementación del control de productividad puede ser desafiante debido a la presencia de múltiples frentes de trabajo, lo que requiere un liderazgo sólido. Además, se observó que las programaciones contractuales a menudo incluyen holguras excesivas, y los retrasos en la entrega pueden resultar en sobrecostos, a pesar de tener precios competitivos en los procesos constructivos, debido a deficiencias en los flujos de trabajo. Comentario: En esta tesis el autor nos destaca la utilidad de la herramienta Look Ahead para acelerar proyectos de construcción y mejorar el desempeño. También menciona los desafíos en la gestión de productividad y la importancia de evitar demoras y costos adicionales en las programaciones contractuales. En resumen, resalta la importancia de una planificación

Gómez, Mendoza y Pérez (2015) en su trabajo de investigación titulado "Aplicación de Lean Construction para la ejecución de un proyecto de vivienda. Caso práctico 'Edificio Maurtua III'" tuvieron como objetivo principal aplicar la filosofía Lean Construction para optimizar los recursos en la ejecución de un proyecto multifamiliar y lograr beneficios en el costo de la obra. Para llevar a cabo este objetivo, se empleó un enfoque cuantitativo y de diseño transversal, teniendo como muestra la obra Edificio Maurtua III, utilizando instrumentos como el Last Planner System, el cronograma maestro y el lookahead. Los resultados de esta investigación indican que los principios Lean en la construcción reducen los tiempos y costos, generando ahorros significativos. Sin embargo, es importante destacar que estos beneficios no siempre se aplican de la

misma manera a la mano de obra subcontratada. Además, se resalta la necesidad de una planificación precisa y una gestión eficaz. También se señala que las empresas más pequeñas pueden no comprender completamente el impacto de Lean en la mano de obra y los costos, y se advierte sobre la posible sobreutilización de la mano de obra en ciertos casos de planificación lookahead. En resumen, el texto enfatiza la importancia de aplicar Lean de manera estratégica y adaptada a cada situación en proyectos de construcción. Comentario: En este trabajo de investigación nos menciona los beneficios de Lean en la construcción para reducir tiempos y costos, pero señala que no funciona igual para la mano de obra subcontratada. También destaca la necesidad de una planificación precisa y una gestión eficaz. Además, resalta la falta de comprensión de Lean en empresas más pequeñas y advierte sobre la posible sobreutilización de la mano de obra en ciertos casos de planificación lookahead. En resumen, el texto enfatiza la importancia de aplicar Lean de manera estratégica y adaptada a cada situación en proyectos de construcción.

Vásquez (2018) en su tesis Procesos tecnológicos para el movimiento de tierras en pistas y pavimentos, tuvo como objetivo mencionar los trabajos previos de la obra en el terreno incluyen el terraplenado, desmonte, vaciado, explanación, desbroce y despeje. Donde estos trabajos implican el relleno de terreno para superar pendientes, excavación para modificar la elevación del terreno y eliminar elementos no deseados. El transporte de material se realiza mediante maquinarias de diferentes tamaños. Los movimientos de tierras en pavimentos tienen como objetivos embellecer, proporcionar solidez y resistencia al desgaste. Comentario: En resumen, se destaca la importancia del movimiento de tierras como una etapa inicial crucial en cualquier obra de construcción. Es fundamental tomar todas las precauciones necesarias para lograr una ejecución adecuada y obtener los resultados deseados, ya que una mala ejecución puede causar pérdidas económicas significativas. Se abordaron aspectos relevantes relacionados con la maquinaria pesada y su importancia en una obra. El uso correcto de estas máquinas brinda numerosos beneficios. Se exploraron diferentes tipos de maquinaria utilizada en el movimiento de tierras para carreteras, así como sus áreas de trabajo y capacidades específicas.

Bocanegra (2018) en su tesis Control de costos mediante la aplicación de la metodología resultado operativo en la obra edificio multifamiliar Catalina, tuvo como objetivo principal determinar y controlar el margen de utilidad al final del proyecto. Para llevar este objetivo a cabo, se empleó un enfoque metodológico cuantitativa, que involucró como muestra el edificio multifamiliar Catalina utilizando los instrumentos,

como el software S10, Excel e informes proporcionados por parte de oficina técnica, teniendo como resultado que la metodología del "Resultado Operativo" utilizada en el informe demostró ser efectiva en la gestión de recursos y control económico en la construcción del Edificio Multifamiliar Catalina. Se alcanzó un margen de utilidad del 8.21%, aunque ligeramente por debajo del objetivo del 8.54%. Se destacan herramientas de seguimiento, una estructura organizativa clara y un sistema de información como factores clave para el éxito. Además, el análisis de causas y la implementación de acciones permitieron la mejora continua en la gestión del proyecto. Comentario: En este trabajo de investigación el autor destaca el uso eficiente de recursos y el control económico en la construcción del Edificio Multifamiliar Catalina mediante la metodología del "Resultado Operativo". Aunque el margen de utilidad (8.21%) estuvo ligeramente por debajo del objetivo (8.54%), se emplearon herramientas efectivas y se promovió la mejora continua. Esto subraya la importancia del seguimiento constante, una estructura organizativa clara y la implementación de acciones correctivas para proyectos exitosos. A pesar de no alcanzar plenamente el margen deseado, el compromiso con la mejora constante es un activo valioso en la gestión de proyectos de construcción.

Purizaca y Suray (2020) en su trabajo de investigación titulada Gestión de los riesgos con el fin de controlar imprevistos durante la ejecución de movimiento de tierras para obras de edificación, tuvo como objetivo principal la formulación de un plan de gestión de riesgos dirigido a controlar los eventos imprevistos que puedan surgir durante la fase de movimiento de tierras en proyectos de construcción. Para llevar a cabo este objetivo, se empleó un enfoque metodológico mixto que involucró el análisis de cuatro metodologías reconocidas en el campo de la gestión de riesgos. En la etapa de identificación de riesgos, se aplicó la metodología del PRAM y se recopilaron datos de diversas fuentes, lo que permitió la identificación de un total de 22 eventos imprevistos que fueron categorizados en cuatro áreas del proyecto. A continuación, se procedió a determinar las fuentes de origen de cada uno de estos imprevistos. Seguidamente, aplicaron la metodología del PMBOK para llevar a cabo el análisis de riesgos. En este proceso, se asignaron valores y categorías a cada imprevisto en función de su probabilidad de ocurrencia y su nivel de impacto en el proyecto, lo que resultó en la clasificación de prioridades para los imprevistos evaluados. Posteriormente, se implementó la planificación de respuesta al riesgo utilizando la metodología del PRINCE2. Durante este paso, se desarrollaron planes de acción específicos para abordar las fuentes de origen de cada imprevisto, y se asignaron responsabilidades para garantizar la efectividad de la

estrategia de gestión propuesta. Finalmente, se llevó a cabo el seguimiento y control del riesgo de acuerdo con las pautas establecidas en la norma ISO 31000. En esta fase, se emplearon diversas técnicas y herramientas para supervisar y asegurar la implementación exitosa de la estrategia de gestión de riesgos propuesta en el estudio. Se realizó una investigación descriptiva, explicativa y correlacional con una muestra de 30 profesionales a quienes se les aplicó como instrumento una encuesta para la identificación de imprevistos en la ejecución del movimiento de tierras. Como resultado se logró el plan de gestión de riesgos, estableciendo planes de respuesta para controlar los 22 imprevistos que intervienen en la ejecución del movimiento de tierras. Comentario: En este trabajo de investigación el autor uso diferente metodología en cada fase del desarrollo y en las comparaciones que realiza de las cuatro metodologías destaca la metodología PRAM, por ser más completa y abarcar mejor la manera de respuestas antes los riesgos, ya que proporciona un enfoque práctico y sólido para la gestión de riesgos en la fase de movimiento de tierras. Sus resultados y recomendaciones tienen el potencial de mejorar significativamente la eficiencia y la calidad en proyectos de construcción.

### ***2.2.2. Investigaciones Internacionales***

Campos (2017) en su trabajo de investigación *Implementación de protocolo triple chequeo de movimiento de tierra en conformidad con el estándar minero*, tuvo como objetivo Desarrollar una herramienta que facilite el trabajo de los profesionales responsables de la ingeniería de calidad y de las inspecciones técnicas, al mismo tiempo que permita mejores resultados en términos de cumplimiento y desarrollo de correctos movimientos de tierra. Comentario: El autor menciona que el cumplimiento de la calidad de la construcción puede ganar la confianza del cliente debido a la correcta ejecución, solvencia y profesionalismo. Además, el conocimiento del sector y la competencia de las personas, incluidos profesionales y trabajadores, facilitan la correcta ejecución de la obra.

López (2013) en su investigación *Terracerías y movimiento de tierras en la pavimentación del camino en el municipio de San Marcos*, el propósito de la investigación fue la implementación de un sistema completo de planificación y análisis destinado a las actividades de terracerías y movimientos de tierras en proyectos de infraestructura. El enfoque principal era lograr la máxima productividad con los costos más bajos posibles. Además, este enfoque no se limita únicamente al proyecto de carreteras en el estado de Guerrero utilizado como ejemplo, sino que tiene un alcance nacional al establecer un modelo integral para planificar, analizar y comprender la productividad en cada fase del



proyecto. La investigación abordó temas relacionados con la planificación, la gestión y la estructura del plan de trabajo. Comentario: La planificación desempeña un papel crucial al identificar posibles demoras en el proyecto que pueden tener un impacto en el avance general cronológico de la obra. Además, se hace referencia a la elección y el mejoramiento de la maquinaria, así como a la ejecución y desarrollo eficientes de la obra, que se logran mediante la coordinación y gestión efectiva de los recursos tanto materiales como humanos.

Bello y Álvarez (2015) en su trabajo de investigación *Estudio de los rendimientos de maquinaria pesada en los movimientos de tierras en la ciudad de Cartagena caso estudio: Urbanización Coral Lakes y Zona Franca Parque Central*, el objetivo principal del estudio fue presentar una variedad de métodos para evaluar el rendimiento de maquinaria pesada en actividades de movimiento de tierras. En esta investigación, se detallan tres enfoques distintos para calcular el rendimiento de una máquina en estas operaciones: a través de gráficos, mediante fórmulas y mediante la medición directa. Este trabajo contribuyó a enriquecer la literatura existente sobre el tema, brindando un punto de referencia más preciso y realista. Además, se distingue por no basarse exclusivamente en manuales de fabricantes ni en fórmulas teóricas que estiman la producción horaria de un equipo en condiciones ideales y constantes. Comentario: Este estudio evidenció que los rendimientos o la producción de los equipos pueden variar significativamente en función de la actividad a la que se somete la máquina. Los datos de rendimiento pueden ser específicos y particulares para cada actividad, ya que algunas de estas actividades difieren en su forma de ejecución.

Guitérrez Macaya (2009) en su investigación *Elaboración de instructivos para movimientos de tierra masivos en faenas mineras*, tuvo como objetivo elaborar instructivos de trabajo en base a diversas actividades comprometidas con la rama de calidad, medio ambiente y seguridad, con la finalidad de dar una directriz de trabajo en las distintas etapas de un proyecto que involucre el movimiento de tierra en el sector minero. Tuvo como alcance a las actividades de traslado de Maquinaria para el ingreso a faena por primera vez, como también para los traslados Inter. Áreas y traslados internos, dentro del proyecto. En su tesis investigó una metodología de trabajo que se muestra en guías de actividades y que se centra principalmente en la organización de las tareas que lo componen, identificando los riesgos relacionados con la Prevención de Riesgos y el Medio Ambiente, junto con sus respectivos métodos de control que son exclusivos para los proyectos de movimientos de tierra en el sector minero. Todo esto con el único

propósito de establecer estándares para la calidad, el bajo porcentaje de accidentes y el daño ambiental mínimo durante la ejecución de estos proyectos. Comentario: Su enfoque en la calidad, el medio ambiente y la seguridad muestra un compromiso con la mejora de estándares en un sector crítico. La metodología desarrollada, plasmada en guías de actividades, demuestra una preocupación genuina por la organización de tareas, la identificación de riesgos y la implementación de métodos de control específicos para proyectos de movimiento de tierra en minería. Este esfuerzo busca no solo mejorar la calidad del trabajo, sino también reducir accidentes y minimizar el impacto ambiental, lo que es esencial para la sostenibilidad de la industria minera.

Bustos, Olmos, y Solas (2006) en su investigación *Gestión de Riesgos Operacionales en Excavación Subterránea*, tuvo como objetivo llevar a cabo investigaciones para identificar peligros y evaluar y controlar los riesgos clave asociados con el equipo y la maquinaria de movimiento de tierras y el entorno de los procesos de excavación subterránea. Comentario: Los autores nos dicen que un requisito fundamental para la correcta aplicación del Modelo Asesor de Control de Riesgos es el compromiso e involucramiento de la alta dirección de la empresa para impulsar y apoyar el cambio necesario para mitigar el riesgo de manera sistemática y sostenida, ya sea a través de políticas, asignación de recursos, acción de gestión, compromiso del comité, etc.

### **2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio**

En esta parte, se habla sobre la estructura teórica y su base científica que sustenta el estudio, comenzando con una visión general de las variables, que se desglosan para determinar los temas que conforman la estructura teórica de la investigación.

Estos fundamentos teóricos y científicos desempeñarán un papel fundamental en el desarrollo del trabajo y en la respuesta a las interrogantes planteadas en la investigación. En la Figura 5 se muestra el mapa conceptual de la estructura teórica que tiene el presente trabajo de investigación.

#### **2.3.1. Mapa conceptual de las teorías que sustentan el estudio**

##### **Figura 5**

*Mapa conceptual de la estructura teórica*



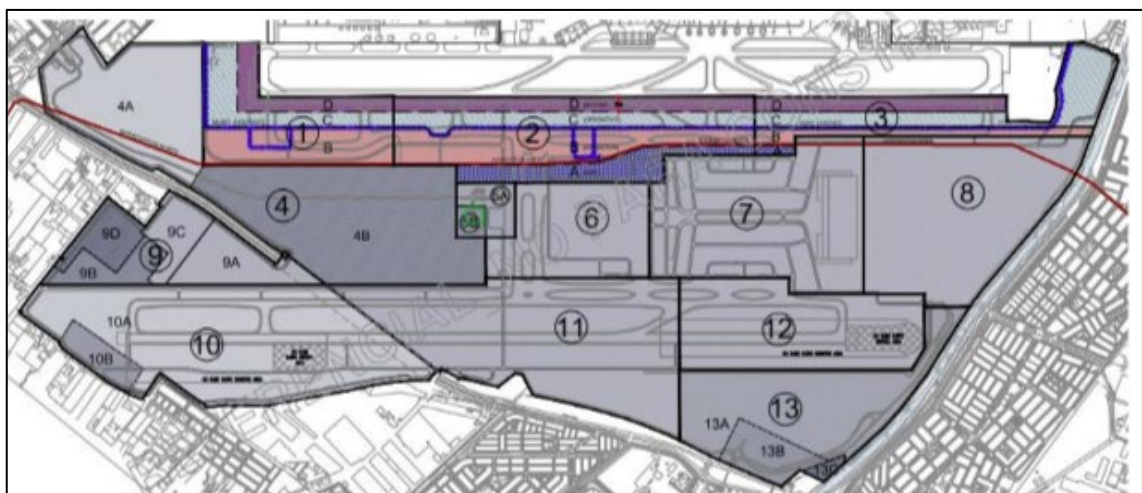
Nota. Elaboración Propia

### 2.3.2. Movimiento de tierra:

Se denomina movimiento de tierra “Al conjunto de operaciones que se realizan con los terrenos naturales, a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles en obras públicas, minería o industria” (Tiktin, 1997, p. 16). En la Figura 6 se muestran los sectores generales del todo el proyecto de la ampliación del nuevo Aeropuerto de Internacional de Jorge Chávez.

**Figura 6**

Mapa de zonas de actividades en la ampliación del aeropuerto



Nota. Tomado del estudio de constructibilidad de Lima Airport Partners (2017)

### ***2.3.3. Procesos de Movimiento de tierra:***

Los procesos de movimiento de tierra se refieren a las actividades involucradas en la excavación, traslado, acopio y compactación del suelo y otros materiales durante la ejecución de la sub base para las pistas de un aeropuerto.

#### **a) Excavación:**

Esta etapa implica la remoción del suelo existente en el área donde se construirá la sub base. Se utilizan equipos de excavación, como excavadoras o retroexcavadoras, para desenterrar y quitar el suelo no deseado. La excavación se realiza de acuerdo con las dimensiones y la geometría especificadas en los planos del proyecto.

Tipo de Excavaciones: Estos tipos de excavaciones se dividen en 3 líneas. La excavación a cielo abierto, excavaciones subterráneas y excavaciones subacuáticas. En otros casos según como se encuentre el terreno constituido, se optará por otros métodos de excavación. En proyectos de aeropuertos para pistas de aterrizaje, vías de acceso, se realizan las excavaciones a cielo abierto. En terrenos de tránsito o normal se puede hacer de forma manual, pero en excavaciones masivas se realiza con maquinaria pesada.

En una ampliación de aeropuertos, se llevan a cabo diversas excavaciones para cumplir con los objetivos y requisitos del proyecto. Algunos tipos comunes de excavaciones incluyen:

Excavaciones para pistas de aterrizaje y vías de rodaje: Se realiza la excavación del suelo existente para construir nuevas pistas de aterrizaje y vías de rodaje, preparando el terreno mediante la remoción, nivelación y compactación adecuada.

Excavaciones para terminales y edificios: Se pueden realizar excavaciones para los cimientos y sótanos de nuevos edificios de terminales y otras instalaciones, implicando la remoción de suelo existente en las áreas destinadas a la ampliación.

Excavaciones para infraestructuras de drenaje: Es posible que se requieran mejoras o ampliaciones en los sistemas de drenaje existentes, implicando la excavación de zanjas y canales para instalar tuberías, sistemas de retención de agua u otras estructuras relacionadas.

#### **b) Traslado:**

Una vez que se ha excavado el suelo, los materiales excavados se cargan en camiones, volquetes o equipos de transporte adecuados. Estos vehículos se encargan de llevar los materiales desde el área de excavación hasta el lugar designado para su disposición o acopio.

c) Acopio:

Los materiales transportados se descargan y se almacenan en el área de acopio. Aquí se crea una pila o montículo de material, generalmente en una ubicación cercana al sitio de construcción, donde se mantienen hasta su uso posterior. El acopio se realiza de manera ordenada y segura, teniendo en cuenta la estabilidad de la pila y la facilidad de acceso para su posterior distribución.

d) Compactación:

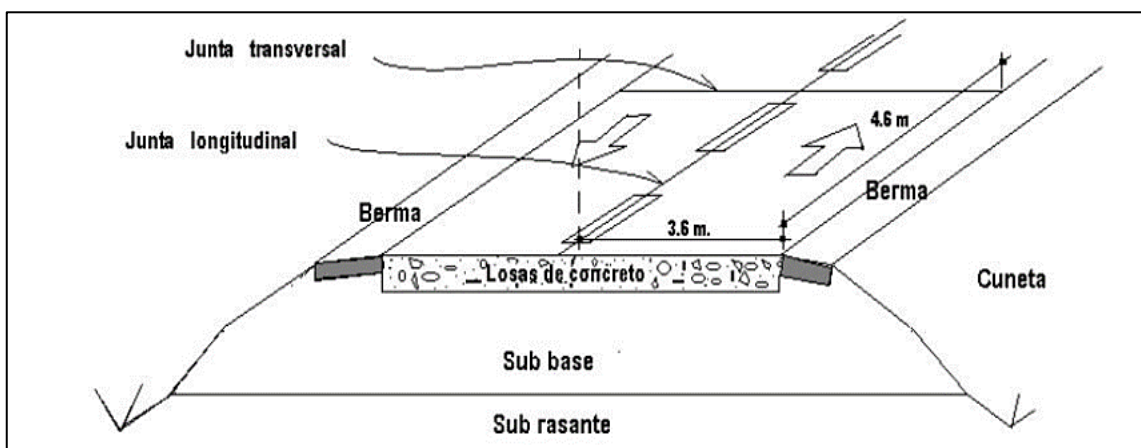
Después de que los materiales de la subbase se han distribuido en el área de trabajo, se realiza la compactación. Esta etapa implica el uso de rodillos compactadores, placas vibrantes u otros equipos especializados para aplicar fuerza y presión al material. El objetivo es aumentar la densidad del suelo, reducir los espacios vacíos y lograr una sub base sólida y estable. La compactación se realiza siguiendo las especificaciones técnicas y los requisitos del proyecto.

#### **2.3.4. Sub base:**

La sub base es la capa de material granular que se encuentra debajo de la sub rasante y encima del terreno natural o terraplén. Es una parte esencial de la estructura superficial de una pista o vías de acceso. En la Figura 7 se muestra la estructura típica de pavimento rígido y sus partes que la componen.

**Figura 7**

*Estructura típica de pavimento rígido*

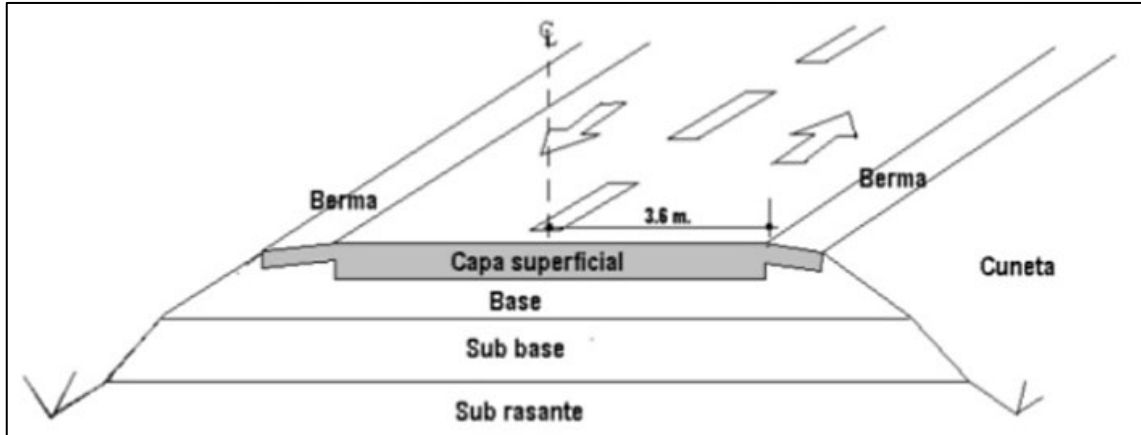


*Nota.* Adaptado de *Estructura típica de pavimento rígido* [Fotografía], Ingeniería & Construcción, 2020.

En la Figura 8 se muestra la estructura típica de pavimento flexible y sus partes que la componen.

### Figura 8

#### *Estructura típica de pavimento asfáltico (flexible)*



*Nota.* Adaptado de *Estructura típica de pavimento asfáltico* [Fotografía], Ingeniería & Construcción, 2020.

El objetivo principal de la sub base es proporcionar una base estable y resistente, distribuir uniformemente la carga de los aviones o vehículos, evitar la deformación excesiva del terreno y garantizar la seguridad y funcionalidad de la pista. Generalmente, las sub base consisten en una mezcla de agregados granulares, como arena, grava y material triturado, que se compactan y clasifican adecuadamente para obtener una superficie resistente y uniforme. Además de brindar soporte estructural, la sub base cumple funciones de drenaje y estabilidad, permitiendo el flujo de agua adecuado y evitando la acumulación de humedad que podría afectar la base y el pavimento en la parte superior. La especificación y el diseño de la sub base de la pista dependen de varios factores, como el tipo de avión o vehículos que estarán operando en el aeropuerto, el volumen de tráfico esperado, las características del suelo subyacente y las condiciones climáticas del área. Se deben considerar varios parámetros técnicos como la capacidad de carga, la resistencia a la compresión, la permeabilidad y la resistencia al desgaste.

Tipo de pistas o vías de acceso en aeropuertos:

a) Vías de rodaje (Taxiways): Son las rutas por las que se desplazan los aviones desde las pistas hasta las plataformas de estacionamiento, hangares u otras áreas de servicio. Las vías de rodaje suelen ser más estrechas que las pistas y están pavimentadas para soportar el tráfico de aviones.

b) Vías de salida rápida (rapid exit taxiways): Son vías que permiten que los aviones que ya aterrizaron puedan salir de la pista rápidamente para dar paso a otros aviones. Estos carriles de salida rápida se extienden a lo largo de la pista y están diseñados para permitir que los aviones despeguen con seguridad y rapidez sin interferir con el tráfico en la pista principal.

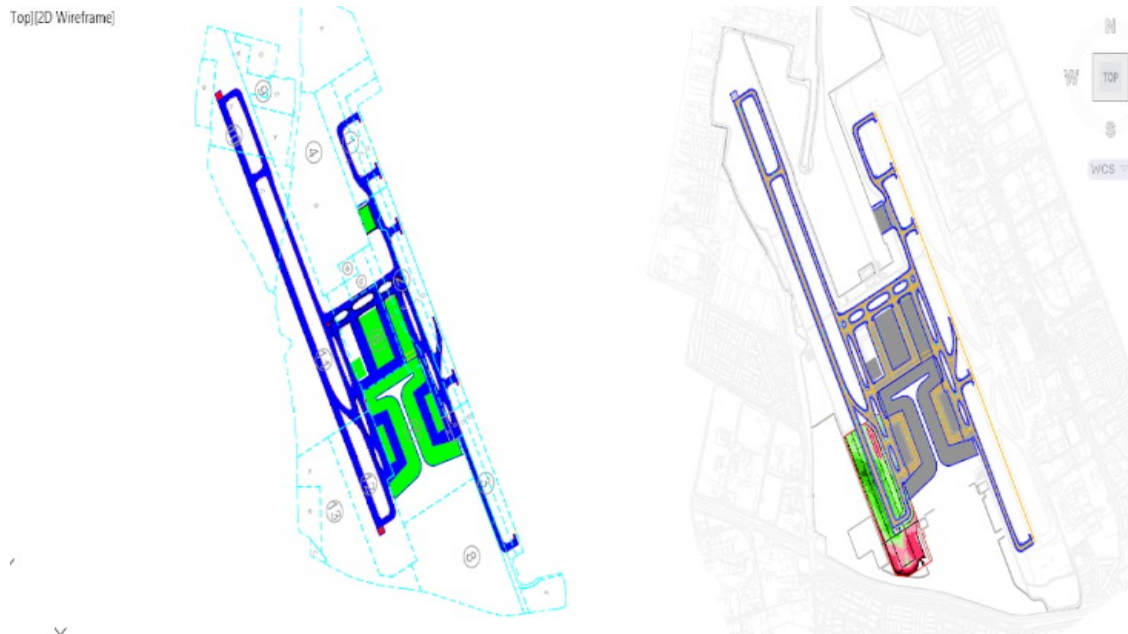
c) Vías de espera (holding bays): Son áreas designadas en las vías de rodaje donde los aviones pueden esperar instrucciones antes de ingresar a la pista de despegue o después del aterrizaje. Estas áreas se utilizan para evitar la congestión en la pista principal y para garantizar un flujo ordenado de aeronaves.

d) Vías de acceso a la plataforma (apron taxiways): Son vías que conectan la vía de rodaje con la plataforma donde los aviones cargan y descargan pasajeros, carga o combustible. Estos carriles de rampa permiten que los aviones entren y salgan de la puerta.

En la Figura 9, se muestran los planos de las vías del proyecto de la ampliación del nuevo Aeropuerto Internacional de Jorge Chávez.

### Figura 9

#### Mapa de vías de servicio



*Nota.* Tomado del estudio de constructibilidad de Lima Airport Partners (2017)

a) Vías de rodaje de servicio (service roads): son vías utilizados por vehículos de servicio como camiones de combustible, remolques y otros equipos de apoyo en los aeropuertos. Estas vías de rodaje de servicio permiten el acceso a las áreas de mantenimiento, suministro y asistencia en tierra.

Los procesos constructivos para la construcción de pistas o vías de acceso en la partida de movimiento de tierras son:

**Excavación:** Excavación de suelo para crear una plataforma sobre la cual se construirá una pista o camino de acceso. La excavación puede involucrar la remoción de suelo de manera controlada, dado el diseño y la pendiente requerida.

**Compactación:** Una vez que se ha excavado el suelo, se compacta el suelo para asegurar una base estable. Utilizar equipos como rodillos vibratorios para lograr una compactación adecuada y mejorar la capacidad portante del suelo.

**Nivelación y perfilado:** Se procede a realizar la nivelación y perfilado del terreno para cumplir con la pendiente requerida por el diseño. Esto implica el uso de equipos de nivelación y la toma de medidas precisas para garantizar la uniformidad de la superficie.

**Relleno y compactación de la Sub base:** Se coloca una capa de material granular, como grava o arena, se coloca encima de una plataforma nivelada y se compacta para formar la sub base de una pista o vías de acceso de vehículos aéreos. La compactación se realiza nuevamente con equipos adecuados para garantizar la estabilidad y capacidad de carga de la sub base.

### ***2.3.5. Eficiencia:***

Se denomina eficiencia como: Córdova y Alberto (2018) Una empresa o procesos son técnicamente eficientes solo si no puede encontrar diferentes maneras de producir más con la misma, calidad y cantidad de factores de producción. También se define como la correspondencia entre los resultados obtenidos (outputs) y los recursos utilizados (inputs).

La eficiencia significa realizar de manera correcta y eficaz cada proceso o etapa en una obra, como el movimiento de tierra, construcción de obras de concreto simple, obras de concreto armado, entre otros.

La eficiencia en la ejecución de obras implica llevar a cabo un proyecto de construcción de manera rápida, precisa y rentable, maximizando el uso de los recursos disponibles. Donde se busca minimizar los desperdicios, evitar retrasos y maximizar la productividad en todas las etapas del proyecto. Esto implica una planificación y programación adecuadas, una gestión eficiente de los recursos, una buena coordinación y comunicación entre los equipos, un control de calidad riguroso y el uso de metodologías de gestión.

Aspectos importantes relacionados con la eficiencia en la ejecución de obras:

a) **Tiempo:** La eficiencia en la ejecución de obras implica completar el proyecto dentro de los plazos establecidos (Cronograma de obra). Esto implica una buena planificación,



programación adecuada, gestión efectiva del tiempo y coordinación eficiente de los equipos de trabajo.

b) Costos: La eficiencia también se relaciona con el control de costos. Donde se debe buscar minimizar los gastos innecesarios, optimizar el uso de los recursos (mano de obra, materiales y maquinaria) y evitar desperdicios, así como una buena gestión de los contratos y gastos adicionales en algunas de las partidas del presupuesto.

c) Productividad: Una ejecución eficiente implica maximizar la productividad en los procesos de ejecución. Esto implica la asignación eficiente de tareas, la utilización óptima de los equipos, la motivación y capacitación del personal obrero. También implica la implementación de tecnologías y métodos de construcción que permitan una mayor eficiencia.

d) Calidad: La eficiencia no debe comprometer la calidad de la obra. Es importante asegurar que los estándares de calidad se cumplan en todas las etapas del proyecto. Esto implica una supervisión adecuada, inspecciones de calidad y el uso de materiales y técnicas apropiadas.

e) Seguridad: Se deben implementar medidas de seguridad adecuadas, proporcionar capacitación en seguridad al personal obrero como las charlas diarias antes de comenzar la jornada laboral, también garantizar el cumplimiento de la Ley N°29783, Ley de seguridad y salud en el trabajo.

#### **2.3.6. Cronograma de obra:**

El cronograma es una herramienta fundamental para planificar y organizar las actividades diarias de una obra. A partir de este cronograma, el equipo de dirección puede tomar decisiones importantes, como programar las tareas de los equipos, gestionar los pedidos de suministros y subcontrataciones, alquilar maquinaria, contratar y capacitar a los trabajadores. Además, el cronograma permite evaluar el progreso de las actividades, controlar los posibles retrasos o adelantos, replanificar los trabajos y dirigir las reuniones de seguimiento (Mattos y Valderrama, 2014, p.135).

a) Cronograma contractual:

El cronograma contractual es un documento que establece de manera detallada las fechas y plazos específicos en los que se espera que se lleven a cabo las actividades y entregables claves de un proyecto, de acuerdo con los términos y condiciones de un contrato. Este cronograma es una parte fundamental de la gestión de proyectos en la ingeniería civil y la construcción, ya que ayuda a asegurar que todas las partes involucradas cumplan con

sus compromisos y responsabilidades en el tiempo estipulado. Además, proporciona un marco de referencia para el seguimiento y control del progreso del proyecto, permitiendo identificar posibles desviaciones y tomar medidas correctivas cuando sea necesario para garantizar el cumplimiento del contrato.

El cronograma contractual de la ampliación del paquete 3 del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez se muestra en el Anexo 5.

b) Cronograma valorizado:

El cronograma valorizado es una herramienta clave en la gestión de proyectos para controlar y monitorear los costos a medida que se ejecutan las actividades. Combina la planificación temporal de las actividades con la asignación de los recursos financieros necesarios para llevar a cabo esas actividades.

En un cronograma valorizado, cada actividad planificada se asigna con los costos asociados, que pueden incluir costos de mano de obra, materiales, equipos, subcontrataciones, entre otros. Estos costos se distribuyen en el tiempo, reflejando cuándo se espera que ocurran los gastos en relación con el progreso del proyecto.

La valorización en el cronograma permite obtener una estimación de los costos acumulados o proyectados en cada punto del tiempo, lo que proporciona una visión clara del gasto total esperado y su distribución en el tiempo. Esto ayuda a los responsables del proyecto a realizar un seguimiento preciso de los costos reales en comparación con el planificado, identificar desviaciones y tomar medidas correctivas si es necesario.

El cronograma valorizado de la ampliación del paquete 3 del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez se muestra en el Anexo 6.

#### **2.3.7. Productividad:**

La productividad se refleja en la comparativa del cronograma ejecutado versus el cronograma planificado a través del análisis de los avances y retrasos en las actividades programadas.

**Comparativa de avances:** Para evaluar la productividad, se compara el avance real de las actividades en el cronograma ejecutado con el avance planificado en el cronograma inicial. Esto implica analizar si las actividades se están completando según lo programado, si hay adelantos o retrasos en relación con las fechas estimadas y si se están cumpliendo los hitos clave del proyecto.

**Evaluación de retrasos:** Los retrasos en la ejecución de las actividades pueden indicar una baja productividad. Si las fechas de finalización de las actividades se están posponiendo constantemente en comparación con el cronograma planificado, esto puede indicar

ineficiencias en la asignación de recursos, problemas de gestión o dificultades imprevistas. Es importante identificar las causas de los retrasos y tomar medidas correctivas para mejorar la productividad.

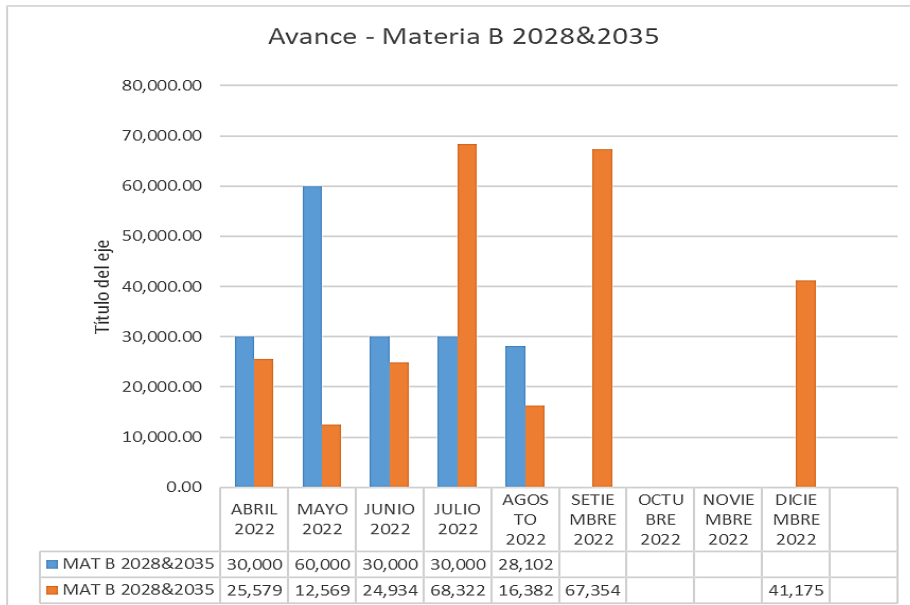
**Análisis de adelantos:** Los adelantos en la ejecución de las actividades pueden indicar una alta productividad. Si las actividades se completan antes de lo previsto en el cronograma planificado, esto puede indicar eficiencia en la asignación de recursos, buena gestión y un rendimiento óptimo. Es importante analizar las razones detrás de los adelantos y determinar si se pueden replicar en otras áreas del proyecto.

**Factores que afectan la productividad:** Durante la comparativa del cronograma ejecutado versus el cronograma planificado, es esencial considerar los factores que pueden influir en la productividad, como cambios en el alcance del proyecto, condiciones climáticas adversas, disponibilidad de recursos, problemas técnicos o errores en la planificación inicial. Estos factores deben ser tenidos en cuenta al evaluar la productividad y tomar decisiones para mejorarla. En resumen, la comparativa del cronograma ejecutado versus el cronograma planificado permite evaluar la productividad del proyecto al analizar los avances y retrasos en relación con las fechas programadas. Esta evaluación proporciona información valiosa para identificar áreas de mejora, tomar medidas correctivas y optimizar el rendimiento del proyecto. Los resultados de la mejora de productividad luego de aplicar las herramientas de gestión se verán en puntos más adelantados, conforme avanza el desarrollo del trabajo de investigación.

En la Figura 10 se muestra el comparativo de material B desde abril hasta diciembre del año 2022, donde las barras azules representan el avance que se tenía proyectado y las barras anaranjadas lo valorizado. En el cual podemos observar que en el mes de abril, mayo y junio no se llegó a realizar según lo proyectado, sin embargo de julio a diciembre se llegó a compensar los volúmenes no realizados en los primeros meses.

### **Figura 10**

*Comparativo de material B desde abril hasta diciembre del año 2022*

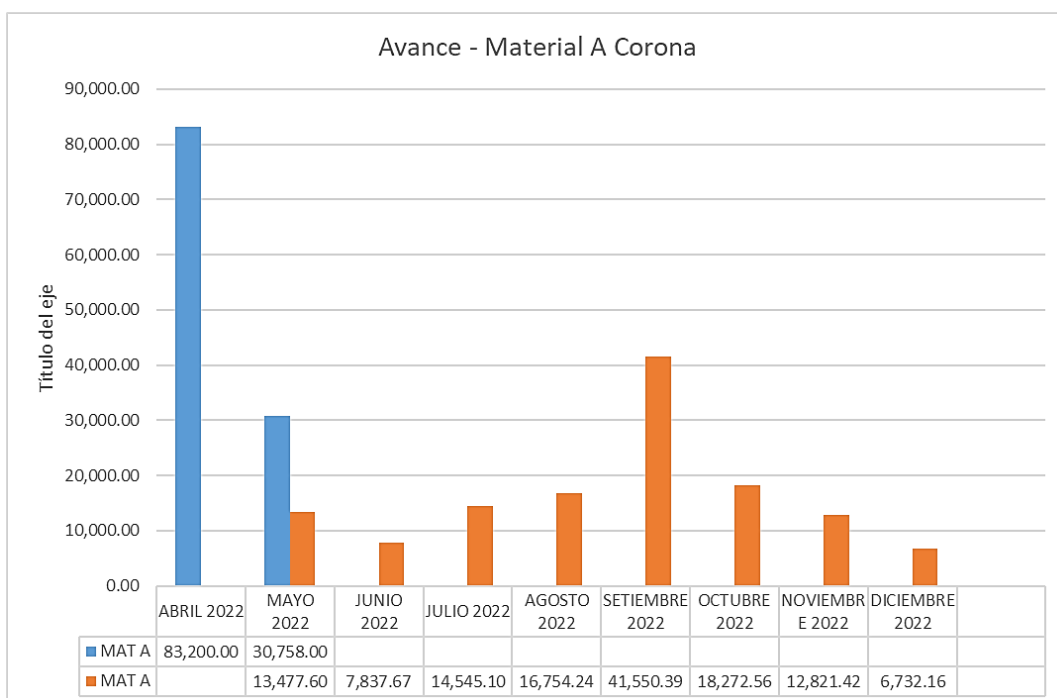


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 11 se muestra el comparativo de material A desde abril hasta diciembre del año 2022, donde las barras azules representan el avance que se tenía proyectado y las barras anaranjadas lo valorizado. En el cual podemos observar que en el mes de abril no se realizó ningún trabajo y en mayo no se llegó a completar la meta de lo proyectado, por lo cual se debió hacer dicha actividad en los siguientes meses.

**Figura 11**

*Comparativo de material A desde abril hasta diciembre del año 2022*

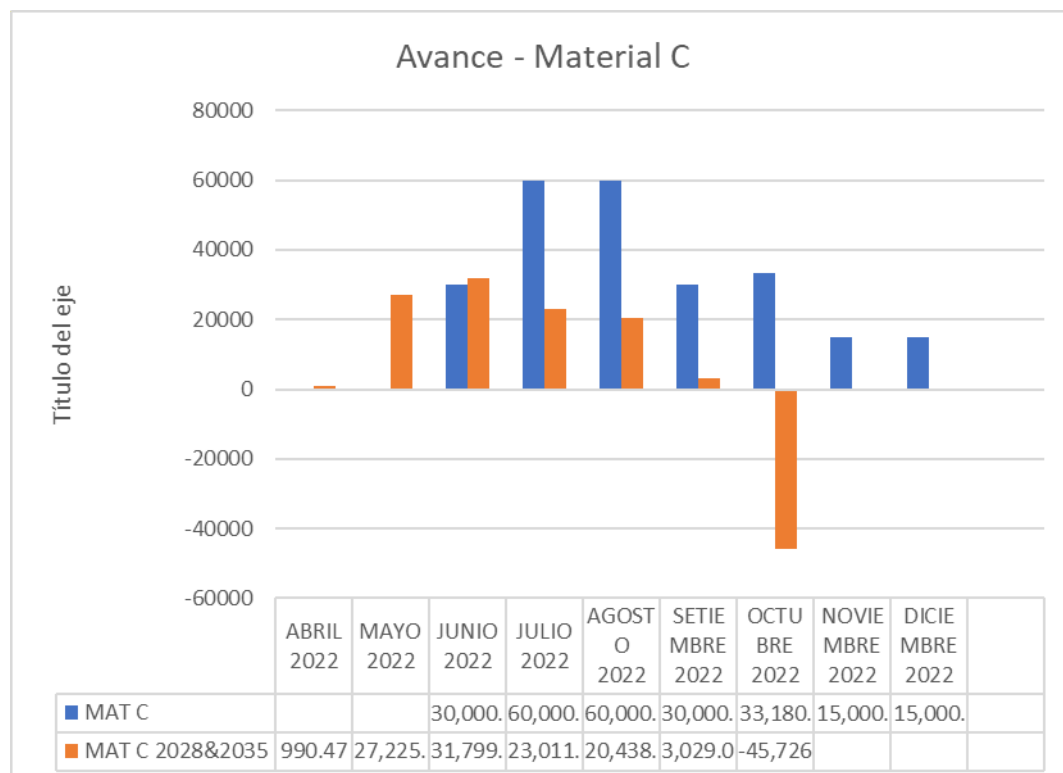


Nota. Elaboración propia

En la Figura 12 se muestra el comparativo de material c desde abril hasta diciembre del año 2022, donde las barras azules representan el avance que se tenía proyectado y las barras anaranjadas lo valorizado. En el cual podemos observar que solo en el mes de junio se llegó a realizar un mayor volumen al proyectado, sim embargo en el mes de octubre tenemos una negativa por realizar una actividad el cual no correspondía.

**Figura 12**

*Comparativo de material c desde abril hasta diciembre del año 2022*

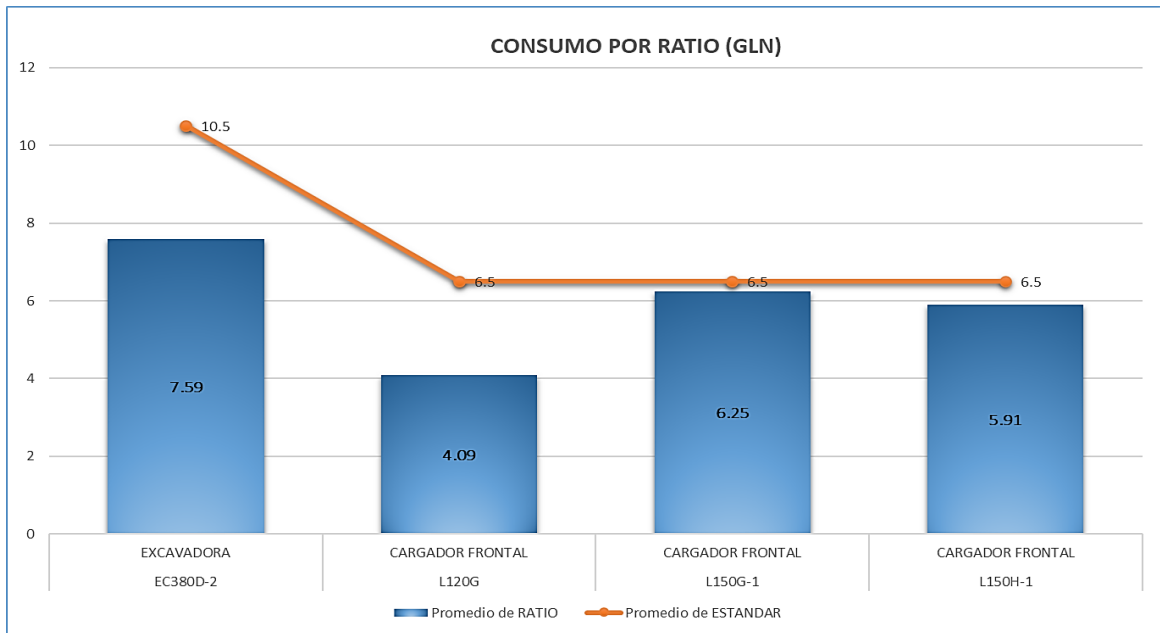


Nota. Elaboración propia

En la Figura 13 se muestran los ratios de combustible según el tipo de maquinaria con su placa, donde la barra azul representa promedio de ratio en galones consumido por maquinaria y la línea anaranjada los ratios promedios estándar. Podemos observar que los Cargadores frontal L150H-1 y L150G-1 están muy similar al ratio promedio estándar, sim embargo la excavadora y el cargador frontal L120G están debajo del ratio estándar, esto nos da un indicativo que la maquinaria ha estado trabajando menos de lo normal o tenga algún problema mecánico.

**Figura 13**

*Ratios de combustible según el tipo de maquinaria con su placa*

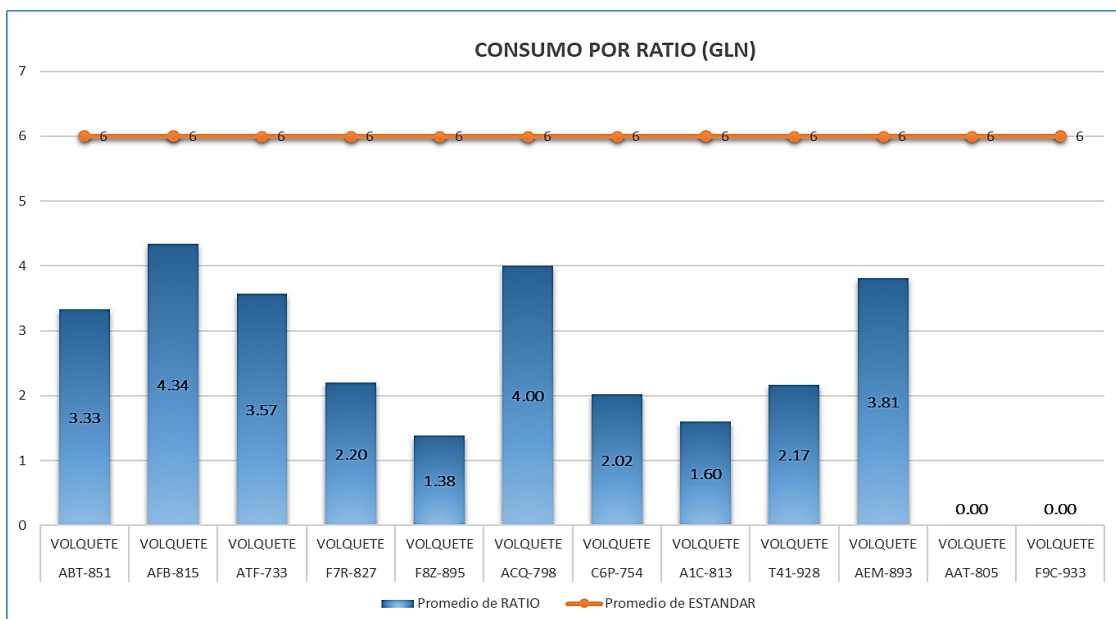


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 14 se muestran los ratios de combustible según el tipo de maquinaria con su placa donde, la barra azul representa el promedio de ratio en galones consumido por maquinaria y la línea anaranjada las ratios promedias estándar. Podemos observar que los volquetes están por debajo de lo estándar esto significa que no están llegando a realizar los viajes de traslado de material necesarios.

**Figura 14**

*Ratios de combustible según el tipo de maquinaria con su placa*

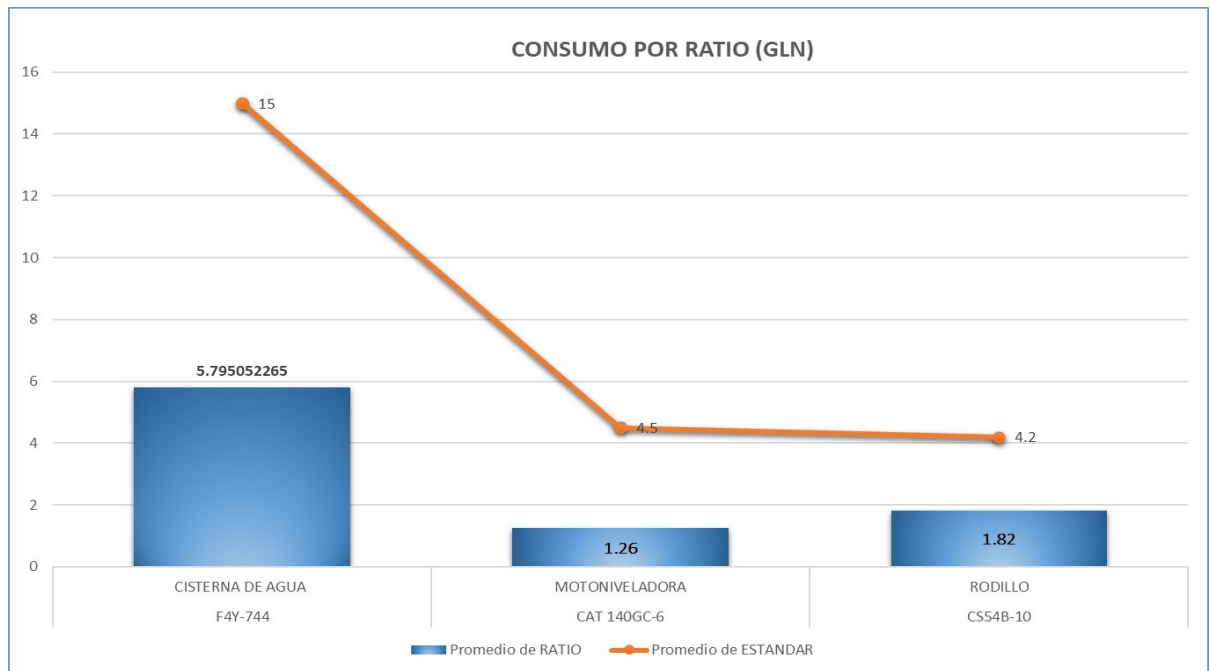


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 15 se muestran los ratios de combustible según el tipo de maquinaria con su placa, donde la barra azul representa el promedio de ratio en galones consumido por maquinaria y la línea anaranjada las ratios promedias estándar. Podemos observar la cisterna, motoniveladora y rodillo están debajo de lo estándar, quiere decir que no están llegando al rendimiento de trabajo estándar. Se puede decir que por falta de frente o algún problema mecánico

**Figura 15**

*Ratios de combustible según el tipo de maquinaria con su placa*



*Nota.* Elaboración propia

### **2.3.8. Lean Construction**

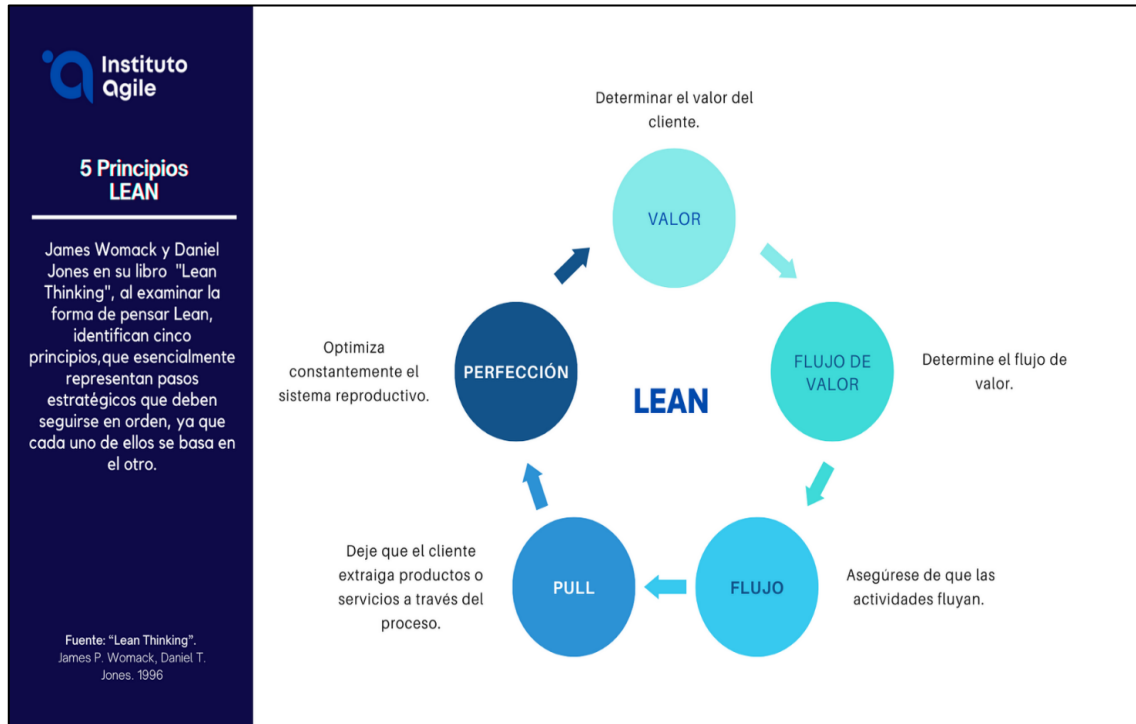
Lean Construction es una metodología de gestión y filosofía de trabajo que se originó a partir de los principios del sistema de producción Lean en la industria automotriz Toyota en 1973 durante la crisis petrolífera, pero que ha sido adaptada y aplicada específicamente a la industria de la construcción.

El enfoque principal de Lean Construction es eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia en los procesos de construcción, con el objetivo de entregar proyectos de manera más rápida, eficiente, rentable y con mayor calidad. Se basa en la colaboración, la planificación detallada, la eliminación de actividades que no agregan valor y la mejora continua.

En la Figura 16 se muestran los cinco pensamientos clave del Lean Construction, según la Lean Construction Institute.

### Figura 16

*Los 5 pensamientos clave del Lean Construction*



*Nota.* Adaptado de 5 pensamientos clave del Lean Construction [Fotografía], Instituto Agi, 2020, (<https://www.institutoagile.com/post/lean-thinking-5-principios-de-lean>).

1. Especificar el valor del producto: Significa satisfacer y cumplir con las necesidades del cliente y es creado por el constructor; se utiliza el concepto de "valor" para referirse a cualquier aspecto del proyecto que el cliente considera importante y por el cual está dispuesto a pagar. Para identificar el valor desde la perspectiva del cliente, se deben comprender y analizar sus necesidades, expectativas y requisitos. Esto implica realizar una investigación detallada y mantener una comunicación constante con el cliente para asegurarse de que el proyecto se enfoque en entregar exactamente lo que el cliente necesita y valora.

2. Identificar el flujo del valor: El flujo de valor se refiere al conjunto de actividades y procesos necesarios para transformar los insumos en productos o servicios finales. En el contexto de Lean Construction, se trata de comprender y mapear todas las actividades y etapas involucradas en el proyecto, desde el diseño inicial hasta la entrega final. El objetivo es identificar y eliminar cualquier actividad o paso que no agregue valor al cliente, como retrasos, movimientos innecesarios, esperas o errores.



### 3. Hacer que la producción y el valor fluyan constantemente:

El flujo continuo implica mantener un flujo de trabajo constante, evitando interrupciones y retrasos. Para lograrlo, es necesario sincronizar las actividades y secuenciarlas de manera que se eliminen las esperas y se minimicen los tiempos de ciclo. Esto puede lograrse mediante la implementación de técnicas como la programación pull y el uso de sistemas de control visual para monitorear y optimizar el flujo de trabajo en tiempo real.

4. Dejar que el cliente extraiga el valor: El sistema pull (jalar, demandar) se basa en la idea de que cada etapa del proceso de construcción solicita el trabajo necesario a medida que se necesita, en lugar de empujar constantemente el trabajo hacia adelante. Se refiere a que nadie produce si es que no hay una demanda. Esto significa que cada actividad o etapa del proyecto solo se inicia cuando hay capacidad disponible y se necesita el trabajo para avanzar. El sistema pull ayuda a evitar la sobreproducción, minimiza el almacenamiento innecesario y mejora la eficiencia general del proceso de construcción.

5. Buscar la perfección: La mejora continua es un principio fundamental en Lean Construction. Se basa en la idea de que siempre hay margen para mejorar y optimizar los procesos. Se fomenta una cultura de aprendizaje y mejora constante, donde se alienta a los equipos a identificar y resolver problemas, proponer soluciones innovadoras, experimentar con nuevas ideas y herramientas, y aplicar cambios incrementales para lograr una mayor eficiencia, calidad y satisfacción del cliente.

En la Figura 17 se muestran los ocho desperdicios según Lean Construction.

### Figura 17

*Ocho desperdicios según Lean Construction*



*Nota.* Los 8 desperdicios presentes en la construcción. Tomado de <https://www.mejora8.com/8-desperdicios-de-la-filosofia-lean>

Desperdicio se puede considerar, por ejemplo:

1. Sobre producción: Tener exceso de producción que al final no es utilizada o no es demandada por el entorno. Producir más de lo que se necesita o antes de que sea necesario. En construcción, esto puede manifestarse en el almacenamiento excesivo de materiales o la realización de actividades antes de que sean necesarias.

2. Transporte: Es cualquier transporte no esencial también se considera un desperdicio eso vamos a entenderlo por ejemplo en movimiento de tierras cuando uno tiene material que está copiado en distintos lugares que al final no llega al destino y está esperando por ser trabajado al estar esperando por el transporte se va a generar un transporte no esencial

3. Inventario: Se entiende por cualquier trabajo en proceso que sea en exceso o sea si bien es cierto normalmente en cualquier sistema de producción existen inventarios lo ideal lo ideal en un mundo perfecto sería que el inventario sea cero que quiere decir que todo lo que se produzca al final se termine procesando y no haya nada de trabajo en proceso eso sería un mundo ideal pero eso sí real normalmente siempre debe haber inventario pero ese inventario debe ser el menor posible ya de por sí el inventario es un desperdicio entonces hay que tratar de que sea el más bajo posible.

4. Esperas: Se le considera la madre de todos los desperdicios porque las esperas se consideran como la madre de todos los desperdicios porque por las esperas se pueden generar todos los otros desperdicios por las esperas se generan inventarios se generan transportes innecesarios sobreproducción movimientos que no añaden valor sobre procesamientos de trabajos y su utilización de recursos entonces las esperas digámoslo así que es el uno de los enemigos más importantes a derrota.

5. Sobre proceso: Hacer exceso de calidad hacer más de lo que me piden ahora si bien es cierto es exceso de la calidad o exceso de hacer más de lo que me piden también es un punto que hay que detallar lo muy bien con el cliente o con los stakeholders principales para algunos podría considerarse que si es necesario, pero siempre va a ser necesario cuando sea por él si es que no se aprueba no sería realmente necesario.

6. Retrabajos: Sabemos que es volver a hacer el trabajo obviamente cuando uno presupuesta o cuando hace un cronograma en un proyecto nunca asume que va a hacer el trabajo dos veces entonces el retrabajo en sí ya se considera como un desperdicio.

7. Movimientos innecesarios: Movimiento no productivo de personal o equipos. Esto puede incluir desplazamientos repetitivos o malas disposiciones de los equipos en el sitio de construcción.

8. Sub utilización: No aprovechar al máximo las habilidades y el conocimiento del equipo de trabajo. Esto incluye la falta de comunicación y colaboración efectiva, lo que puede llevar a malentendidos y errores. Sub utilización no solo de personal sino de recursos o sea que quiere decir utilizar procesos o recursos que no son los correctos para su aplicación esto tiene mucha incidencia en proyectos de movimiento de tierras.

Sistema de producción eficiente: Este sistema de producción eficiente requiere de tres aspectos fundamentales el primero de ellos es el tema de que los flujos no paran, el segundo aspecto fundamental es que los flujos sean eficientes y el tercer aspecto fundamental es que los procesos sean eficientes.

En la Figura 18 se muestra el esquema del enfoque Lean Construction.

**Figura 18**

*Esquema del enfoque Lean Construction*



*Nota.* Tomado de Lean Construction mejoramiento de la productividad-Escuela postgrado UPC

Señala de que un sistema y un flujo que está compuesto por procesos. Por ejemplo, imaginemos un sistema respiratorio de un ser humano, qué pasa si dejo de respirar por la nariz o qué pasa si mis pulmones ya no funcionan o que pasa si alguna parte del flujo no

funciona, esto iría directamente en contra del sistema, y el sistema entraría en colapso, lo mismo pasa en producción en proyectos de movimiento de tierras que los flujos no paren. Implica por ejemplo que se saca material de una cantera o se hace la explotación de material de cantera para el relleno de una presa y se transporta, pero al final no se puede descargar, eso directamente afecta al flujo o sea el flujo no se completa.

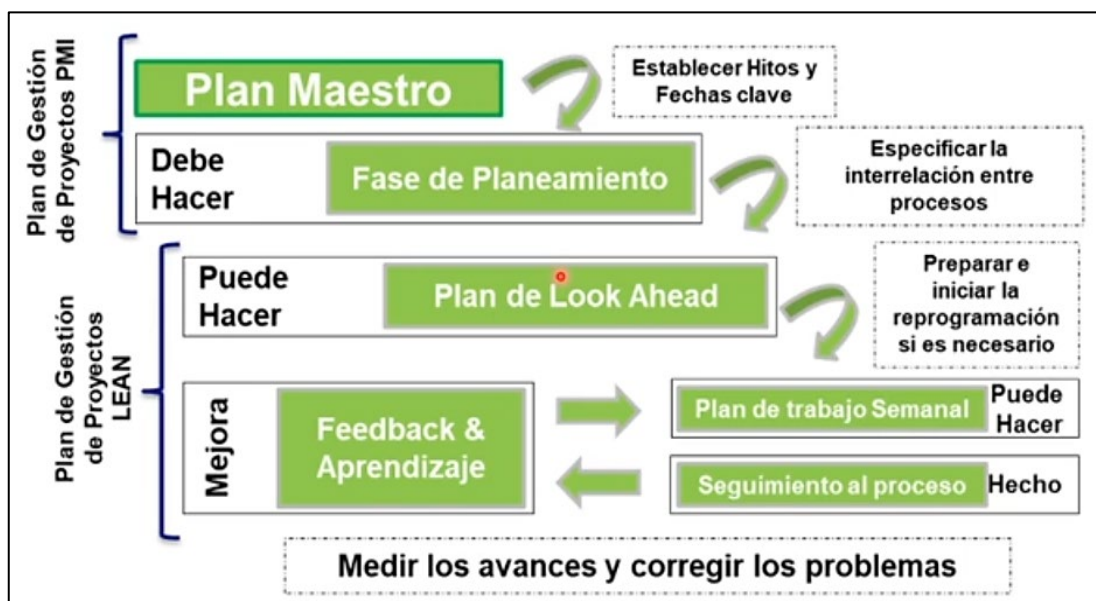
Para esto en el presente trabajo de investigación vamos a utilizar tres herramientas fundamentalmente, las cuales son: el Planeamiento Pull o también conocido como planeamiento lean que es pensar en la demanda; el Last planner system que probablemente es una de las herramientas más conocidas en este tema de las herramientas del Lean específicamente del Lean Construction que es asegurar al máximo el cumplimiento del plan y el Choosing By Advantage, que es una herramienta para tomar decisiones al momento de trabajar proyectos.

Sistema Last Planner System: El Last Planner System (LPS) es una metodología de gestión de proyectos utilizada en la industria de la construcción y desarrollada originalmente por el Lean Construction Institute. Su objetivo principal es mejorar la planificación y ejecución de proyectos de construcción al reducir los desperdicios, aumentar la eficiencia y mejorar la colaboración entre los equipos de trabajo. El LPS se basa en principios del pensamiento lean, que se originaron en la industria manufacturera, pero se han adaptado con éxito a la construcción.

En la Figura 19 se muestra el esquema de la metodología Last Planner System.

**Figura 19**

*Esquema de la metodología Last Planner System*



*Nota.* Esquema de la metodología Last planner System. Tomado de <https://www.mejora8.com/8-desperdicios-de-la-filosofia-lean>

Normalmente en un proyecto ya sea de construcción de carreteras, un proyecto de una empresa, etc. Normalmente ya cuenta con un plan maestro que puede estar basado por ejemplo en Planeamiento Pool o Planeamiento el Lean, pero que fundamentalmente lo que busca es establecer hitos y fechas clave, ese es su foco principal definir hitos y fechas clave del proyecto, un nivel más bajo del planeamiento general sería ya ver las fases, con un mayor nivel de detalle y cómo se va a desarrollar el proyecto, un nivel más bajo y aquí sí ya realiza el corazón de last planner system que es el plan intermedio conocido como (Plan de Look Ahead).

### ***2.3.9. Plan de Look Ahead:***

El Plan de Look Ahead que traducido sería un (plan mirando hacia adelante), pero mirando hacia adelante en un lapso de tiempo corto o sea aquí ya no vemos el plan de seis meses o de un año, aquí vemos el plan de tres semanas de cuatro semanas con qué finalidad de tener una fijación mayor sobre una ventana temporal menor, ¿Qué ventajas tiene trabajar sobre una ventana temporal más pequeña?

Que es mucho más fácil identificar qué restricciones, qué problemas, qué cosas podrían impedir que uno desarrolle o cumpla con el plan que fue planteado. El Plan de Look Ahead es la parte que se enfoca a asegurar que el plan maestro; un nivel más bajo de look ahead sería el plan semanal en este caso al ser un plan mucho más detallado de menor plazo y de menor horizonte, tendría que ser mucho más detallado y más específico, tiene que ser considerando ya todas las posibles restricciones. Pero en sí en la semana no debería haber ninguna restricción y en este caso es lo que se puede realmente hacer, sin dejar de lado todo lo anterior que es el plan intermedio que es el plan de fases y que es el plan maestro con la finalidad de al final asegurar el cumplimiento de todo el proyecto siempre se requiere un feedback (revisar qué pasó en la semana), (que al final que obtuvimos al cerrar una semana) y para esto podríamos hacer una implementaciones de mejoras sobre los feedback si aprendizajes que se tuvieron.

Algunas recomendaciones para la partida de movimiento de tierra, en la aplicación del Last Planner System:

- Involucrar al último planificador, maestro de Obra.
- Comunicación simple y visual.
- Considerar Buffers.

- Considerar a las áreas de mantenimiento de equipos para reuniones.
- Revisar pronósticos del clima y condiciones ambientales.
- El área de Calidad debe estar involucrada en la liberación de entregables.
- Suministro de material con stock suficiente para contingencias.
- Contar con operadores múltiples.

Pasos para realizar un Plan de Look Ahead:

#### 1. Sectorización:

La sectorización implica dividir el sitio de construcción en áreas o sectores más pequeños. Esto facilita la planificación y el seguimiento de las actividades en cada área específica. Cada sector puede representar una parte del proyecto o una ubicación geográfica particular en el sitio. La sectorización es útil para evitar la superposición de tareas, optimizar la asignación de recursos y mejorar la coordinación entre los equipos.

En la Figura 20, se muestra la sectorización que realizo para este trabajo de investigación, en el sector 1 de 882,146.00 m<sup>3</sup> denominado Lado aire y el sector 2 de 240,704.00 m<sup>3</sup> denominado Lado tierra.

#### Figura 20

*Sectorización del lado aire y lado tierra*



*Nota.* Elaboración propia

#### 2. Desglose de Actividades EDT (Estructura de Desglose de Trabajo):

La EDT desglosa las actividades del proyecto en tareas más pequeñas y manejables. Cada actividad se identifica y se relaciona con otras tareas y subactividades, lo que proporciona una vista detallada del alcance del trabajo. Facilita la asignación de responsabilidades y la comprensión clara de lo que debe hacerse en cada actividad. El lookahead se caracteriza

por describir al detalle las tareas que contemplan las actividades de lo programado, es por ello que se desglosa hasta lo último que se pueda, esto nos permite tener un control absoluto en obra, así la programación es más precisa.

Se procedió a realizar el EDT del proceso de movimiento de tierra del paquete 3 como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Desglose de Actividades del proceso de movimiento de tierra*

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez <b>OBRA: PROCESO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA LA OBRA PARA EL TERMINAL AEROPUERTO LIMA WP3</b>	
Código EDT	Descripción de la Actividad
<b>SECTOR 1</b>	
<b>RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE ZONAS 2028 &amp; 2035, con eliminación de bolonería</b>	
1.00	Excavación de material tipo B; D=1km
2.00	Carguio de material tipo B; D=1km
3.00	Transporte de material por 1km adicional
4.00	Conformación y compactado de material tipo B
<b>RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8, con eliminación de bolonería</b>	
5.00	Excavación de material tipo B; D=1km
6.00	Carguio de material tipo B; D=1km
7.00	Transporte de material por 1km adicional
8.00	Conformación y compactado de material tipo B
<b>RELLENO TIPO A CORONA PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8</b>	
9.00	Excavación de material tipo A; D=1km
10.00	Zarandeo de material tipo A; D=1km
11.00	Carguio de material tipo A; D=1km
12.00	Transporte de material por 1km adicional
13.00	Conformación y compactado de material tipo A
<b>RELLENO TIPO C PROCEDENTE DE ZONAS 2028 &amp; 2035</b>	
14.00	Excavación de material tipo C; D=1km
15.00	Zarandeo de material tipo C; D=1km
16.00	Carguio de material tipo C; D=1km
17.00	Transporte de material por 1km adicional
18.00	Conformación y compactado de material tipo C
<b>SECTOR 2</b>	
<b>RELLENO DE MATERIAL C- D EN CANTERA ZONA 8</b>	
19.00	Excavación de material tipo C-D; transporte a zona de acopio
20.00	Carguio de material tipo C-D; transporte a zona de acopio
21.00	Carguio, D =1km
22.00	Transporte, D =1km
23.00	Conformación y compactado de material tipo C-D

*Nota.* Elaboración propia

### 3. Cálculo de Metrados y Rendimientos:

El cálculo de metrados consiste en determinar la cantidad de materiales, recursos y mano de obra necesarios para llevar a cabo las actividades planificadas en un área específica.

Esto implica un análisis detallado de los planos, especificaciones y requisitos del proyecto para estimar las cantidades necesarias. Es una parte esencial de la planificación y programación de proyectos, ya que ayuda a establecer expectativas realistas sobre la cantidad de trabajo que se puede completar en un día, semana o cualquier otro intervalo de tiempo. El cálculo de rendimientos implica determinar cuánto trabajo se puede completar en un período de tiempo específico. Se basa en la capacidad de producción real de los equipos, la maquinaria y la mano de obra disponibles en el sitio. Ayuda a establecer expectativas realistas sobre lo que se puede lograr en términos de productividad. Para iniciar con el Lookahead de 4 semanas se extrae el metrado de cada partida y en función a ello se hace un análisis de los rendimientos requeridos para poder cumplir con el cronograma contractual y este defenderlo en la proyección de 4 semanas mediante el Lookahead. Los metrados generales de las actividades del proceso del movimiento de la sub base que se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Metrado de las actividades del proceso del movimiento de la sub base*

ÍTEM	CONCEPTO	UNID	CANT
1.00	CONTRATO PRINCIPAL		
	PROCESO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS		
1.00	RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE ZONAS 2028 & 2035, Con eliminación de bolonería	m3-bco	178,102.84
2.00	RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE ZONAS 2028 & 2035, Con eliminación de bolonería	m3-bco	346,905.58
3.00	RELLENO TIPO A CORONA PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8	m3-bco	113,957.86
4.00	RELLENO TIPO C PROCEDENTE DE ZONAS 2028 & 2035	m3-bco	243,179.73
5.00	RELLENO DE MATERIAL C-D EN CANTERA ZONA 8	m3-bco	240,704.00

*Nota.* Elaboración Empresa A

Luego procedió a realizar el cálculo del movimiento de tierra diario que observa en la Figura 21. Este metrado diario junto el rendimiento de las maquinarias nos permitirá calcular el número de retroexcavadoras, volquetes y motoniveladoras que se necesitará para que se ejecute cada actividad.

**Figura 21**

*Cálculo de metrado por día*





Tipo de Material	Rendimiento
Material Suelto	1290 m3/día
Roca Suelta	1110 m3/día
Roca Fija	970 m3/día

*Nota.* Estudio de Constructibilidad (WP2.2) del proyecto de Ampliación del AIJCh

El cálculo del número de cargadores frontales requeridos se muestra en la Figura 23.

### Figura 23

*Número de cargadores frontales requeridos para el sector 1 y 2*

Descripción	Diario	Unidades
Mov. de tierras requerido	10963.64	m3
Rendimiento cargador frontal	1290.00	m3/día
<b># Cargador frontal requerido</b>	8.499	<b>9 Cargadores</b>

*Nota.* Elaboración propia

Volquete: Un volquete es un tipo de vehículo de carga diseñado para transportar materiales a granel, como tierra, arena, grava, rocas u otros materiales sueltos, en el contexto de obras de construcción, movimiento de tierras. Los volquetes suelen tener una caja de carga abierta en la parte trasera que se puede elevar y bascular para verter su contenido en el lugar de destino, como un sitio de construcción, una zanja o una escombrera. El detalle de producción del volque se muestra en la Tabla 3.

### Tabla 3

*Detalle de Producción de Volquete*

DESCRIPCION	PROVEDOR	CODIGO	PLACA	CUBICAJE (M <sup>3</sup> )
VOLQUETE	JCJC	AFB	AFB-815	23.16
VOLQUETE	JCJC	ATF	ATF-733	22.78
VOLQUETE	H&S AMERICAN	A1C	A1C-813	22.15
VOLQUETE	H&S AMERICAN	A1C	A1C-813	22.15
VOLQUETE	H&S AMERICAN	ACQ	ACQ-798	21.85
VOLQUETE	H&S AMERICAN	ACQ	ACQ-798	21.85
VOLQUETE	JCJC	ABT	ABT-851	23.34
VOLQUETE	JCJC	ABT	ABT-851	23.34
VOLQUETE	JCJC	ATF	ATF-733	22.78
VOLQUETE	JCJC	ATF	ATF-733	22.78
VOLQUETE	CAM&PIERS	AEM	AEM-893	18.41
VOLQUETE	CAM&PIERS	AEM	AEM-893	18.41
VOLQUETE	JCJC	AFB	AFB-815	23.16
VOLQUETE	JCJC	AFB	AFB-815	23.16
VOLQUETE	SSMAQ	F7R	F7R-827	20.32

VOLQUETE	SSMAQ	F7R	F7R-827	20.32
VOLQUETE	SSMAQ	AAT	AAT-805	20.32
VOLQUETE	SSMAQ	AAT	AAT-805	20.32
VOLQUETE	H&S AMERICAN	F8Z	F8Z-895	21.79
VOLQUETE	H&S AMERICAN	F8Z	F8Z-895	21.79
VOLQUETE	H&S AMERICAN	C6P	C6P-754	22.9
VOLQUETE	H&S AMERICAN	ACQ	ACQ-798	21.85
VOLQUETE	JCJC	ABT	ABT-851	23.34
VOLQUETE	CAM&PIERS	AEM	AEM-893	18.41
VOLQUETE	SSMAQ	F7R	F7R-827	20.32
VOLQUETE	H&S AMERICAN	F8Z	F8Z-895	21.79
VOLQUETE	H&S AMERICAN	A1C	A1C-813	22.15
VOLQUETE	H&S AMERICAN	C6P	C6P-754	22.9
VOLQUETE	SSMAQ	AAT	AAT-805	20.32
VOLQUETE	JCJC	ATF	ATF-733	22.78
VOLQUETE	JCJC	AFB	AFB-815	23.16
PROMEDIO DE CUBICAJE (CAPACIDAD DE CARGA):				<b>21</b>

*Nota.* Elaboración propia

El cálculo del número de cargadores frontales requeridos se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Cálculo del rendimiento del volquete y volquete requeridos para el proceso de movimiento de tierra*

Descripción	Diario	Unidades	Distancia
Mov. de tierras requerido	10963.64	m <sup>3</sup>	
Tiempo viaje volquete	30.00	min	por 1km
Capacidad volquete	21.00	cubos	
1 volquete	2.00	viajes/h	
1 volquete realiza al día	16.00	viajes/día	
El cubicaje que mueve diario	336.00	m <sup>3</sup>	
<b># volquetes requeridos</b>	<b>32.630</b>	<b>33 Volquetes</b>	

*Nota.* Elaboración propia

Motoniveladora: La motoniveladora es un equipo de construcción que dispone de una hoja metálica alargada utilizada para la nivelación de terrenos. También está equipada con escarificadores que pueden colocarse en la parte delantera, en el eje delantero o en la parte trasera, también conocidos como "Ripper". El rendimiento de la motoniveladora se puede observar en la Figura 24.

## Figura 24

### *Rendimiento de Motoniveladora*

Tipo de Material	Rendimiento
Acabado de Sub-Rasante	420 m <sup>2</sup> /hr
Conformación de Terraplén 30 cm	140 m <sup>2</sup> /hr
Sub-Base Seleccionada 15 cm	380 m <sup>2</sup> /hr
Base granular 15 cm	330 m <sup>2</sup> /hr

*Nota.* Estudio de Constructibilidad (WP2.2) del proyecto de Ampliación del AIJCh

El cálculo del número de motoniveladoras requeridas se muestra en la Tabla 5.

## Tabla 5

### *Cálculo de las motoniveladoras requeridos para el proceso de movimiento de tierra*

Descripción	Diario	Unidades
Mov. de tierras requerido	5145.45	m <sup>3</sup>
Rendimiento Motoniveladora	420.00	m <sup>2</sup> /h
Rendimiento Motoniveladora	3360.00	m <sup>2</sup> /día
Sub base 15cm	504.00	m <sup>3</sup> /día
# motoniveladora requerido	5145.45	m <sup>3</sup>
	504.00	m <sup>3</sup> /día
# motoniveladora requerido	10.209	<b>11 Motoniveladoras</b>

*Nota.* Elaboración propia

#### 4. Programación Diaria según Sectorización, Rendimientos y Metrados:

En este paso, se crea un plan detallado para cada día de trabajo en función de la sectorización, los rendimientos calculados y los metrados. Esto implica asignar tareas específicas a equipos o trabajadores individuales y determinar cuándo y dónde se realizarán estas tareas. La programación diaria permite una gestión más precisa de los recursos y el tiempo.

En la Figura 25 se muestra la programación lookahead a 4 semanas que se realizó para el presente trabajo de investigación donde se determina el rendimiento requerido semanal y diario, esto nos permite anticiparnos a encontrar, analizar y levantar cualquier restricción que se pueda ir encontrando al momento de realizar esta programación anticipada.



## 5. Análisis de Restricciones a 4 Semanas:

Se realiza un análisis para identificar restricciones que puedan afectar la ejecución de las actividades en las próximas cuatro semanas. Esto puede incluir problemas de recursos, limitaciones climáticas, entregas retrasadas de materiales o cualquier otro factor que pueda retrasar el proyecto. El objetivo es anticipar problemas y tomar medidas preventivas. Se localiza las restricciones para la fecha intervenida, se designa a responsable y se coloca la fecha solicitada y la fecha del pedido para cuando se requiera. En la Figura 26 se muestran las restricciones encontradas al momento de realizar la programación del lookahead a 4 semanas y quien es responsable de cada restricción.

**Figura 26**

*Restricciones encontradas durante la programación anticipada de 4 semanas*

Código EDT	Descripción de la Actividad	Observaciones	fecha de pedido	fecha solicitada	Responsable	
<b>SECTOR 1</b>						
<b>RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE ZONAS 2028 &amp; 2035, con eliminación de bolonería</b>						
1.00	Excavación de material tipo B; D=1km	1		21/04/2022	11/04/22	
2.00	Carguio de material tipo B; D=1km	4	2 volquetes	21/04/2022	11/04/22	Subcontratista
3.00	Transporte de material por 1km adicional	4	2 volquetes	21/04/2022	11/04/22	Subcontratista
4.00	Conformación y compactado de material tipo B	3	1 operador	21/04/2022	11/04/22	Administración
<b>RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8, con eliminación de bolonería</b>						
5.00	Excavación de material tipo B; D=1km					
6.00	Carguio de material tipo B; D=1km					
7.00	Transporte de material por 1km adicional					
8.00	Conformación y compactado de material tipo B					
<b>RELLENO TIPO A CORONA PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8</b>						
9.00	Excavación de material tipo A; D=1km	3	2 operadores	21/04/2022	11/04/22	Administración
10.00	Zarandeo de material tipo A; D=1km					
11.00	Carguio de material tipo A; D=1km	11	3 volquetes	21/04/2022	11/04/22	Subcontratista
12.00	Transporte de material por 1km adicional	11	3 volquetes	21/04/2022	11/04/22	Subcontratista
13.00	Conformación y compactado de material tipo A	8	2 operadores	21/04/2022	11/04/22	Administración
<b>RELLENO TIPO C PROCEDENTE DE ZONAS 2028 &amp; 2035</b>						
14.00	Excavación de material tipo C; D=1km					
15.00	Zarandeo de material tipo C; D=1km					
16.00	Carguio de material tipo C; D=1km					
17.00	Transporte de material por 1km adicional					
18.00	Conformación y compactado de material tipo C					
<b>SECTOR 2</b>						
<b>RELLENO DE MATERIAL C- D EN CANTERA ZONA 8</b>						
19.00	Excavación de material tipo C-D; transporte a zona de acopio	5	1 operador	21/04/2022	11/04/22	Subcontratista
20.00	Carguio de material tipo C-D; transporte a zona de acopio	17	4 volquetes	21/04/2022	11/04/22	Residente
21.00	Carguio, D =1km					
22.00	Transporte, D =1km					
23.00	Conformación y compactado de material tipo C-D					

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 6 se muestra el análisis de restricciones donde se observa, la descripción de restricción, la fecha requerida en obra, los responsables y las medidas correctivas a ejecutar.

**Tabla 6**

*Análisis de restricciones*

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS						
NOMBRE DE PROYECTO:	Proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez PROCESO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA LA OBRA PARA EL TERMINAL AEROPUERTO LIMA WPT	EJECUTOR:	Hugo Lopez, Gerardo Cordova	FECHA:	11/04/22	
		UBICACIÓN:	AV. NESTOR GAMBETA	Nº HOJA	1	
Código	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable	MEDIDA CORRECTIVA
1	Excavación de material tipo B; D=1km			21-Abr-22		
2	Carguio de material tipo B; D=1km	2 volquetes	El subcontratista se encuentra desabastecido de volquetes para alquilar.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
3	Transporte de material por 1km adicional	2 volquetes	El subcontratista se encuentra desabastecido de volquetes para alquilar.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
4	Conformación y compactado de material tipo B	1 operador	No se generó su exámen médico para ingresar a laborar.	21-Abr-22	Administración	Solicitar seguimiento a la parte administrativa
5	Excavación de material tipo B; D=1km					
6	Carguio de material tipo B; D=1km					
7	Transporte de material por 1km adicional					
8	Conformación y compactado de material tipo B					
9	Excavación de material tipo A; D=1km	2 operadores	No se dió inducción de seguridad para ingresar a laborar.	21-Abr-22	Previsionista de Riesgo	solicitar seguimiento parte ssoma
10	Zarandeo de material tipo A; D=1km					
11	Carguio de material tipo A; D=1km	3 volquetes	3 volquetes observados por falta de revisión técnica.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
12	Transporte de material por 1km adicional	3 volquetes	3 volquetes observados por falta de revisión técnica.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
13	Conformación y compactado de material tipo A	2 operadores	No se generó su fotocheck de ingreso.	21-Abr-22	Administración	Solicitar seguimiento a la parte administrativa
14	Excavación de material tipo C; D=1km					
15	Zarandeo de material tipo C; D=1km					
16	Carguio de material tipo C; D=1km					
17	Transporte de material por 1km adicional					
18	Conformación y compactado de material tipo C					
19	Excavación de material tipo C-D; transporte a zona de acopio	1 operador	No se dió inducción de seguridad para ingresar a laborar.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
20	Carguio de material tipo C-D; transporte a zona de acopio	4 volquetes	El residente no planificó las maquinas a usar.	21-Abr-22	Residente	Mas atencion a los requerimientos de producción
21	Carguio, D =1km					
22	Transporte, D =1km					
23	Conformación y compactado de material tipo C-D					
Residente Ingeniero de Campo Asistente de Campo Ingeniero de Calidad Ingeniero de Oficina Técnica		Jorge Fernandez Manuel Huertas Hugo Ballón Victor Ballón Lissett Pardo	Ingeniero Asistente de OT Administración Almacenero Prevencionista de Riesgo Maestro de Obra	Hugo Lopez Enrique Pardo Carlos Guzman Jorge Isla Robert		
FIRMA			FIRMA			
ELABORADO POR: Hugo Lopez, Gerardo Cordova			APROBADO POR: Jorge Fernandez			

*Nota.* Elaboración propia

**6. Cálculo de Porcentaje de Plan Cumplido:**

Se calcula el porcentaje de plan cumplido para evaluar cuánto se ha logrado en comparación con el plan original. Esto se basa en el progreso real de las actividades y ayuda a medir el rendimiento del proyecto.

En la Figura 27 se muestra la cantidad de trabajo que se llegó a realizar en cada partida del movimiento de tierra, incluso luego haberse tomado las medidas correctivas planteadas en la Figura 26 que fue el análisis de restricciones.

**Figura 27**

*Cálculo de porcentaje de plan cumplido*

Código EDT	Descripción de la Actividad	Und	Metrado Programado	Metrado Realizado	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					SEMANA 5													
					J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D		
<b>SECTOR 1</b>																																						
	RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE ZONAS 2028 & 2035, con eliminación de bolonería	m <sup>3</sup>	178,102.29																																			
1.00	Excavación de material tipo B; D=1km	m <sup>3</sup>	30,000.00	25,500.00	1,273.64	1,273.64				1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64							1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64													
2.00	Carguo de material tipo B; D=1km	m <sup>3</sup>	30,000.00	25,500.00	1,273.64	1,273.64				1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64							1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64													
3.00	Transporte de material por 1km adicional	m <sup>3</sup>	30,000.00	25,500.00	1,273.64	1,273.64				1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64							1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64													
4.00	Conformación y compactado de material tipo B	m <sup>3</sup>	30,000.00	25,500.00	1,273.64	1,273.64				1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64							1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64	1,273.64													
	CANTERAS ZONA 13 Y 8, con eliminación de	m <sup>3</sup>	346,905.71																																			
5.00	Excavación de material tipo B; D=1km	m <sup>3</sup>	-																																			
6.00	Carguo de material tipo B; D=1km	m <sup>3</sup>	-																																			
7.00	Transporte de material por 1km adicional	m <sup>3</sup>	-																																			
8.00	Conformación y compactado de material tipo B	m <sup>3</sup>	-																																			
	RELLENO TIPO A CORONA PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8	m <sup>3</sup>	113,958.00																																			
9.00	Excavación de material tipo A; D=1km	m <sup>3</sup>	83,200.00	68,224.00	3,691.82	3,691.82				3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82							3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82													
10.00	Zarandeo de material tipo A; D=1km	m <sup>3</sup>	83,200.00	68,224.00	3,691.82	3,691.82				3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82							3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82													
11.00	Carguo de material tipo A; D=1km	m <sup>3</sup>	83,200.00	68,224.00	3,691.82	3,691.82				3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82							3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82													
12.00	Transporte de material por 1km adicional	m <sup>3</sup>	83,200.00	68,224.00	3,691.82	3,691.82				3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82							3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82													
13.00	Conformación y compactado de material tipo A	m <sup>3</sup>	83,200.00	68,224.00	3,691.82	3,691.82				3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82							3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82	3,691.82													
	<b>2028 &amp; 2035</b>	m <sup>3</sup>	243,180.00																																			
14.00	Excavación de material tipo C; D=1km	m <sup>3</sup>	-																																			
15.00	Zarandeo de material tipo C; D=1km	m <sup>3</sup>	-																																			
16.00	Carguo de material tipo C; D=1km	m <sup>3</sup>	-																																			
17.00	Transporte de material por 1km adicional	m <sup>3</sup>	-																																			
18.00	Conformación y compactado de material tipo C	m <sup>3</sup>	-																																			
	<b>SECTOR 2</b>	m <sup>3</sup>	-																																			
	<b>ZONA 8</b>	m <sup>3</sup>	240,704.00																																			
19.00	Excavación de material tipo C-D; transporte a zona	m <sup>3</sup>	128,000.00	112,640.00	5,728.18	5,728.18				5,728.18	5,728.18	5,728.18	5,728.18	5,728.18							5,728.18	5,728.18	5,728.18	5,728.18	5,728.18													
20.00	Carguo de material tipo C-D; transporte a zona	m <sup>3</sup>	128,000.00	112,640.00	5,728.18	5,728.18				5,728.18	5,728.18	5,728.18	5,728.18	5,728.18							5,728.18	5,728.18	5,728.18	5,728.18	5,728.18													
21.00	Carguo, D =1km	m <sup>3</sup>	-																																			
22.00	Transporte, D =1km	m <sup>3</sup>	-																																			
23.00	D	m <sup>3</sup>	-																																			
					SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					SEMANA 5													
					J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D		

*Nota.* Elaboración propia



## 7. Causas de No Cumplimiento:

Se identifican las razones detrás de cualquier incumplimiento del plan y se documentan cuidadosamente. Esto puede incluir retrasos, problemas de recursos, cambios en el alcance del trabajo o cualquier otro factor que haya afectado la ejecución del proyecto, como se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Causas de no de cumplimiento en obra*

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO			
PROGRAMACIÓN (PROG)	LOGÍSTICA (LOG)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)	EXTERNOS (EXT)
Todas las causas que implican: -Errores o cambios en la programación. -Inadecuada utilización de las Herramientas de programación. -Mala asignación de recursos. -Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.	Todas las causas que implican: -Falta de equipos, herramientas o materiales en obra, que han sido requeridos oportunamente por Producción.	Todas las causas que implican: -La entrega oportuna de información a producción (planos, procedimientos, etc.) -Cambios o errores en la ingeniería durante el desarrollo de las actividades del Plan Semanal.	Todas las causas que implican: -Retrasos por razones climáticas extraordinarias. -Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.
CLIENTE/SUPERVISIÓN (CLI)	ERRORES DE EJECUCIÓN (EJEC)	SUBCONTRATAS (SC)	PREVENCIONISTA
Todas las causas que implican: -Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, falta de liberación de estructuras, etc.)	Se consideran las causas que corresponden: -Atrasos debido a retrabajos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.	En este punto se consideran todas las causas de no cumplimiento relacionadas: -La falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.	Se consideran las causas que corresponden: Falta de capacitación adecuada para el personal en cuanto a seguridad y prevención de riesgos. Deficiencias en el suministro de equipos de protección personal (EPP) o su uso incorrecto, etc.
EQUIPOS (EQ)	ADMINISTRATIVOS (ADM)		
Todas las causas que implican: -Averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.	Todas las causas que implican: -No llegada del personal especializado (incluidos subcontratos). -Falta de permisos y licencias.		

*Nota.* Elaboración propia

## 8. Delegar de Restricciones:

Una vez que se han identificado las restricciones, se desarrollan estrategias para abordarlas. Esto podría implicar la asignación de recursos adicionales, la reprogramación de actividades o la implementación de medidas correctivas específicas. El objetivo es minimizar o eliminar las restricciones para garantizar que el proyecto avance según lo previsto.

Los resultados luego de haber implementado la herramienta lookahead se muestran el capítulo IV.

### 2.3.10. Reporte mensual de Horas Hombre (H.H.)

El reporte mensual de horas hombres en movimiento de tierra es una herramienta esencial en la gestión de proyectos de construcción y obras civiles. Este informe proporciona una visión detallada de la cantidad de tiempo que el personal ha dedicado a actividades relacionadas con la excavación, traslado y compactación. La recopilación y el análisis de estas horas hombres son cruciales para evaluar el progreso del proyecto, controlar los costos laborales y garantizar que se cumplan los plazos establecidos.

En este reporte, se registran no solo las horas trabajadas por los operadores de maquinaria pesada, sino también las horas de mano de obra manual involucrada en tareas como los topógrafos, capataces, mecánicos y soldadores y otros trabajos relacionados con la preparación del sitio. Estos datos permiten a los gerentes de proyecto tomar decisiones informadas, asignar recursos de manera eficiente y ajustar estrategias en función de la eficacia del equipo y el avance del trabajo en el campo.

En este contexto, este informe mensual no solo es una herramienta de seguimiento sino también una herramienta de planificación y gestión esencial para garantizar el éxito de proyectos de construcción de gran envergadura.

La Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11 son datos generadas a partir de los reportes mensuales de la empresa A, nos proporcionarán un valioso análisis exhaustivo de las horas hombres en relación con el resultado operativo. Con estos registros detallados de las horas hombres por mes y por categoría, incluyendo sus subtotales correspondientes, procederemos a realizar el análisis y su resultado operativo por horas hombres.

En la Tabla 8 se muestra el reporte mensual de horas hombres trabajadas de abril a julio 2022.

**Tabla 8**

*Reporte mensual de horas hombres trabajadas de abril a julio 2022*

Descripción Puesto	01 ABRIL 22	SUB TOTAL	02 MAYO 22	SUB TOTAL	03 JUNIO 22	SUB TOTAL	04 JULIO 22	SUB TOTAL
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	1.588,0	S/ 28.381,44	3.533,0	S/ 59.692,19	5.784,0	S/ 101.732,84	4.548,0	S/ 81.426,23
CAPATAZ	660,0	S/ 17.846,88	1.785,0	S/ 44.884,48	2.317,0	S/ 58.869,33	2.362,0	S/ 64.745,58
NIVELADOR	519,0	S/ 9.278,47	907,0	S/ 15.479,66	1.697,0	S/ 28.844,52	1.536,0	S/ 27.560,54
OFICIAL	1.307,0	S/ 24.738,58	3.269,0	S/ 56.406,34	5.326,0	S/ 94.399,89	8.951,0	S/ 164.882,03
TOPOGRAFO	917,0	S/ 20.971,89	1.728,0	S/ 36.983,10	2.738,0	S/ 57.734,58	2.142,0	S/ 47.246,43
CONTROLADOR	63,0	S/ 1.028,62	415,0	S/ 6.944,58	682,0	S/ 11.615,38	682,0	S/ 11.902,79
MECANICO					124,0	S/ 2.689,84	459,0	S/ 9.739,69
SOLDADOR					58,0	S/ 1.366,48	216,0	S/ 4.747,15
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	772,0	S/ 21.396,34	1.504,0	S/ 39.613,01	2.362,0	S/ 63.356,17	2.206,0	S/ 64.056,88
OPERADOR DE TRACTOR	204,0	S/ 5.330,61	647,0	S/ 14.338,61	327,0	S/ 7.745,75	216,0	S/ 5.403,73
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	790,0	S/ 18.463,00	1.693,0	S/ 38.739,63	2.202,0	S/ 50.660,21	1.936,0	S/ 45.964,93
OPERADOR DE RODILLO	582,0	S/ 13.474,59	1.500,0	S/ 33.939,95	3.246,0	S/ 73.938,17	3.290,0	S/ 79.768,46
OPERADOR DE EXCAVADORA	282,0	S/ 6.221,51	1.052,0	S/ 23.896,46	1.488,0	S/ 35.490,42	1.094,0	S/ 26.662,64
<b>Total general</b>	<b>7684,00</b>	<b>S/ 167.131,93</b>	<b>18033,00</b>	<b>S/ 370.918,01</b>	<b>28351,00</b>	<b>S/ 588.443,58</b>	<b>29638,00</b>	<b>S/ 634.107,08</b>

Nota. Elaboración Empresa A

En la Tabla 9 el reporte mensual de horas hombres trabajadas de agosto a octubre 2022.

**Tabla 9**

*Reporte mensual de horas hombres trabajadas de agosto a octubre 2022*

Descripción Puesto	05 AGOSTO 22	SUB TOTAL	06 SETIEMBRE 22	SUB TOTAL	07 OCTUBRE	SUB TOTAL
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	4.857,0	S/ 87.394,10	4.970,0	S/ 88.573,99	8.171,0	S/ 161.176,71
CAPATAZ	2.294,0	S/ 60.750,73	2.783,0	S/ 73.590,89	2.099,0	S/ 60.929,81
NIVELADOR	2.232,0	S/ 39.616,22	2.785,0	S/ 49.503,84	1.928,0	S/ 36.916,96
OFICIAL	8.351,0	S/ 152.342,20	11.368,0	S/ 207.474,06	1.537,0	S/ 30.581,14
TOPOGRAFO	2.255,0	S/ 54.065,23	2.627,0	S/ 58.102,80	1.902,0	S/ 46.577,42
CONTROLADOR	752,0	S/ 13.180,88	929,0	S/ 16.246,34	722,0	S/ 13.690,46
MECANICO	513,0	S/ 10.811,89	636,0	S/ 13.360,28	480,0	S/ 10.879,49
SOLDADOR	238,0	S/ 5.262,48	283,0	S/ 6.372,55	228,0	S/ 5.461,53
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	2.324,0	S/ 67.852,39	2.973,0	S/ 83.365,50	1.962,0	S/ 59.260,29
OPERADOR DE TRACTOR		S/ -		S/ -		S/ -
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	2.112,0	S/ 51.965,34	2.227,0	S/ 54.502,92	1.468,0	S/ 38.662,22
OPERADOR DE RODILLO	3.908,0	S/ 93.500,53	4.777,0	S/ 114.274,67	2.722,0	S/ 71.606,27
OPERADOR DE EXCAVADORA	1.136,0	S/ 27.348,87	1.217,0	S/ 29.529,63	666,0	S/ 17.479,84
<b>Total general</b>	<b>30972,00</b>	<b>S/ 664.090,86</b>	<b>37575,00</b>	<b>S/ 794.897,47</b>	<b>23885,00</b>	<b>S/ 553.222,14</b>

Nota. Elaboración Empresa A

En la Tabla 10 se muestra el reporte mensual de horas hombres trabajadas de noviembre 2022 a enero 2023.

**Tabla 10**

*Reporte mensual de horas hombres trabajadas de noviembre 2022 a enero 2023*

Descripción Puesto	08 NOVIEMBRE	SUB TOTAL	09 DICIEMBRE	SUB TOTAL	10 ENERO 23	SUB TOTAL
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	9.052,0	S/ 171.514,48	8.018,0	S/ 161.873,46	4.825,0	S/ 86.170,79
CAPATAZ	1.986,0	S/ 56.909,33	1.878,0	S/ 55.684,48	1.562,0	S/ 41.251,31
NIVELADOR	1.766,0	S/ 33.700,88	1.667,0	S/ 32.783,21	1.272,0	S/ 22.285,67
OFICIAL	1.198,0	S/ 23.548,82	988,0	S/ 20.661,39	732,0	S/ 13.663,47
TOPOGRAFO	1.974,0	S/ 47.182,21	1.826,0	S/ 45.371,82	1.526,00	S/ 35.637,74
CONTROLADOR	237,0	S/ 4.562,62	455,0	S/ 8.968,52	245,0	S/ 4.439,66
MECANICO	493,5	S/ 12.087,63	453,0	S/ 10.851,35	479,0	S/ 10.449,13
SOLDADOR	220,0	S/ 5.338,92	218,0	S/ 5.408,30	106,0	S/ 2.346,57
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	1.789,0	S/ 53.818,79	1.398,0	S/ 43.748,58	952,0	S/ 26.730,48
OPERADOR DE TRACTOR		S/ -		S/ -		S/ -
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	1.738,0	S/ 45.079,62	1.732,0	S/ 46.807,59	1.220,0	S/ 29.738,02
OPERADOR DE RODILLO	2.648,0	S/ 68.937,45	2.239,0	S/ 61.096,43	1.450,0	S/ 35.216,01
OPERADOR DE EXCAVADORA	690,0	S/ 17.463,50	614,0	S/ 17.217,85	336,0	S/ 8.114,39
<b>Total general</b>	<b>23791,50</b>	<b>S/ 540.144,25</b>	<b>21486,00</b>	<b>S/ 510.472,98</b>	<b>14705,00</b>	<b>S/ 316.043,24</b>

Nota. Elaboración Empresa A

En la Tabla 11 se muestra el reporte mensual de horas hombres trabajadas de febrero a marzo 2023.

**Tabla 11**

*Reporte mensual de horas hombres trabajadas de febrero a marzo 2023*

Descripción Puesto	11 FEBERO 23	SUB TOTAL	12 MARZO 23	SUB TOTAL
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	2.460,0	S/ 38.999,77	406,0	S/ 7.500,95
CAPATAZ	1.183,0	S/ 27.225,64	212,0	S/ 6.033,41
NIVELADOR	830,0	S/ 12.749,55	126,0	S/ 2.246,83
OFICIAL	259,0	S/ 4.262,72	182,0	S/ 3.323,51
TOPOGRAFO	1.050,00	S/ 20.734,68	212,0	S/ 5.061,73
CONTROLADOR	-	S/ -	-	S/ -
MECANICO	346,00	S/ 6.942,71	295,0	S/ 7.853,63
SOLDADOR	-	S/ -	104,00	S/ 2.295,35
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	544,0	S/ 12.865,76	110,0	S/ 3.035,25
OPERADOR DE TRACTOR	-	S/ -	-	S/ -
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	840,0	S/ 17.642,50	378,0	S/ 9.165,15
OPERADOR DE RODILLO	980,0	S/ 20.518,33	236,0	S/ 5.824,21
OPERADOR DE EXCAVADORA	224,0	S/ 4.833,05	238,0	S/ 5.984,72
<b>Total general</b>	<b>8716,00</b>	<b>S/ 166.774,71</b>	<b>2499,00</b>	<b>S/ 58.324,74</b>

*Nota.* Elaboración Empresa A

### **2.3.11. Método del Resultado Operativo**

El resultado operativo se utiliza como una herramienta para supervisar y proyectar los costos, integrando los conceptos previamente explicados en la planificación y el control con el objetivo de evaluar el desempeño de la operación. Esta herramienta se encarga de rastrear los gastos incurridos y tiene como finalidad mostrar cómo varía el margen o la utilidad inicial prevista en el presupuesto. Puede aplicarse con una periodicidad que puede ser semanal, mensual o según se considere apropiado para el proyecto. Para que esta herramienta sea efectiva, es esencial que la información recopilada sea lo más precisa posible, lo que requiere la colaboración de las diferentes áreas que componen el equipo del proyecto. Esta colaboración brinda la ventaja de obtener una visión en tiempo real del resultado final del proyecto, ya que el proceso implica una planificación constante de los recursos del proyecto.

#### **Resultado Operativo por costo de horas hombres**

El Resultado Operativo por costo de horas hombres es un indicador utilizado en la gestión de proyectos. Este indicador calcula la eficiencia y productividad de un proyecto en función de los costos asociados con las horas de trabajo de la mano de obra humana empleadas en comparación con el presupuesto planificado.

La Tabla 12 representa el costo real de las horas hombre correspondiente al período de abril a mayo de 2022, ya que se utiliza la tarifa de la tabla salarial de construcción para el

año 2021-2022. En este proceso, se determinan los precios unitarios utilizando como base las horas totales trabajadas durante abril y mayo de 2022, así como el monto total acumulado en ese mismo intervalo de tiempo según la categoría correspondiente. El resultado en este intervalo de tiempo se traduce en un costo real de S/ 538,049.94.

**Tabla 12**

*Costo real - Tabla salarial abril 2022 a mayo 2022*

DESCRIPCIÓN	ABRIL 2022		MAYO 2022		A	B	B/A
	Horas Trabajadas	Sub Total	Horas Trabajadas	Sub Total	TOTAL HORAS TRABAJADAS	MONTO TOTAL	PRECIO UNIT. SOLES (PROM)
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	1588.00	28381.44	3,533.00	59,692.19	5,121.00	88,073.63	17.20
CAPATAZ	660.00	17846.88	1,785.00	44,884.48	2,445.00	62,731.36	25.66
CONTROLADOR	63.00	1028.62	415.00	6,944.58	478.00	7,973.20	16.68
MECANICO					-	-	-
NIVELADOR	519.00	9278.47	907.00	15,479.66	1,426.00	24,758.13	17.36
OFICIAL	1307.00	24738.58	3,269.00	56,406.34	4,576.00	81,144.92	17.73
OPERADOR DE CARGADOR FRONTA	790.00	18463	1,693.00	38,739.63	2,483.00	57,202.63	23.04
OPERADOR DE EXCAVADORA	282.00	6221.51	1,052.00	23,896.46	1,334.00	30,117.97	22.58
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	772.00	21396.34	1,504.00	39,613.01	2,276.00	61,009.35	26.81
OPERADOR DE RODILLO	582.00	13474.59	1,500.00	33,939.95	2,082.00	47,414.54	22.77
OPERADOR DE TRACTOR	204.00	5330.61	647.00	14,338.61	851.00	19,669.22	23.11
SOLDADOR					-	-	-
TOPOGRAFO	917.00	20971.89	1,728.00	36,983.10	2,645.00	57,954.99	21.91
						<b>538,049.94</b>	

*Nota.* Elaboración propia

La Tabla 13 representa el cálculo del costo real, teniendo en cuenta la actualización de la tabla salarial 2022 - 2023, abarcando el período desde junio a septiembre del 2022.

**Tabla 13**

*Costo real - Incremento de tabla salarial junio a septiembre 2022*

DESCRIPCIÓN	JUNIO 2022		JULIO 2022		AGOSTO 2022		SEPTIEMBRE 2022	
	Horas Trabajadas	Sub Total	Horas Trabajadas	Sub Total	Horas Trabajadas	Sub Total	Horas Trabajadas	Sub Total
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	5,784.00	101,732.84	4,548.00	81,426.23	4,857.00	87,394.10	4,970.00	88,573.99
CAPATAZ	2,317.00	58,869.33	2,362.00	64,745.58	2,294.00	60,750.73	2,783.00	73,590.89
CONTROLADOR	682.00	11,615.38	682.00	11,902.79	752.00	13,180.88	929.00	16,246.34
MECANICO	124.00	2,689.84	459.00	9,739.69	513.00	10,811.89	636.00	13,360.28
NIVELADOR	1,697.00	28,844.52	1,536.00	27,560.54	2,232.00	39,616.22	2,785.00	49,503.84
OFICIAL	5,326.00	94,399.89	8,951.00	164,882.03	8,351.00	152,342.20	11,368.00	207,474.06
OPERADOR DE CARGADOR FRONTA	2,202.00	50,660.21	1,936.00	45,964.93	2,112.00	51,965.34	2,227.00	54,502.92
OPERADOR DE EXCAVADORA	1,488.00	35,490.42	1,094.00	26,662.64	1,136.00	27,348.87	1,217.00	29,529.63
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	2,362.00	63,356.17	2,206.00	64,056.88	2,324.00	67,852.39	2,973.00	83,365.50
OPERADOR DE RODILLO	3,246.00	73,938.17	3,290.00	79,768.46	3,908.00	93,500.53	4,777.00	114,274.67
OPERADOR DE TRACTOR	327.00	7,745.75	216.00	5,403.73				
SOLDADOR	58.00	1,366.48	216.00	4,747.15	238.00	5,262.48	283.00	6,372.55
TOPOGRAFO	2,738.00	57,734.58	2,142.00	47,246.43	2,255.00	54,065.23	2,627.00	58,102.80

*Nota.* Elaboración propia

La Tabla 14 representa el cálculo del costo real, teniendo en cuenta la actualización de la tabla salarial 2022 - 2023, abarcando el período desde octubre del 2022 hasta enero del 2023.

**Tabla 14***Costo real - Incremento de tabla salarial octubre 2022 a enero 2023*

DESCRIPCIÓN	OCTUBRE 2022		NOVIEMBRE 2022		DICIEMBRE 2022		ENERO 2023		REINTEGRO
	Horas Trabajadas	Sub Total	Horas Trabajadas	Sub Total	Horas Trabajadas	Sub Total	Horas Trabajadas	Sub Total	Sub Total
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	8,171.00	161,176.71	9,052.00	171,514.48	8,018.00	161,873.46	4,825.00	86,170.79	75,210.54
CAPATAZ	2,099.00	60,929.81	1,986.00	56,909.33	1,878.00	55,684.48	1,562.00	41,251.31	22,120.74
CONTROLADOR	722.00	13,690.46	237.00	4,562.62	455.00	8,968.52	245.00	4,439.66	5,106.51
MECANICO	480.00	10,879.49	493.50	12,087.63	453.00	10,851.35	479.00	10,449.13	4,089.83
NIVELADOR	1,928.00	36,916.96	1,766.00	33,700.88	1,667.00	32,783.21	1,272.00	22,285.67	11,167.18
OFICIAL	1,537.00	30,581.14	1,198.00	23,548.82	988.00	20,661.39	732.00	13,663.47	19,230.15
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	1,468.00	38,662.22	1,738.00	45,079.62	1,732.00	46,807.59	1,220.00	29,738.02	19,187.09
OPERADOR DE EXCAVADORA	666.00	17,479.84	690.00	17,463.50	614.00	17,217.85	336.00	8,114.39	10,575.49
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	1,962.00	59,260.29	1,789.00	53,818.79	1,398.00	43,748.58	952.00	26,730.48	21,764.54
OPERADOR DE RODILLO	2,722.00	71,606.27	2,648.00	68,937.45	2,239.00	61,096.43	1,450.00	35,216.01	31,878.93
OPERADOR DE TRACTOR									76.35
SOLDADOR	228.00	5,461.53	220.00	5,338.92	218.00	5,408.30	106.00	2,346.57	2,078.56
TOPOGRAFO	1,902.00	46,577.42	1,974.00	47,182.21	1,826.00	45,371.82	1,526.00	35,637.74	12,953.62

*Nota.* Elaboración propia

La Tabla 15 representa el cálculo del costo real, teniendo en cuenta la actualización de la tabla salarial 2022 - 2023, abarcando el período desde febrero hasta marzo de 2023.

**Tabla 15***Costo real - Incremento de tabla salarial febrero a marzo 2023*

DESCRIPCIÓN	FEBRERO 2023		MARZO 2023		A	B	B/A
	Horas Trabajadas	Sub Total	Horas Trabajadas	Sub Total	TOTAL	MONTO	PRECIO UNIT.
					HORAS TRABAJADAS	TOTAL	SOLES (PROM)
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	2,460.00	38,999.77	406.00	7,500.95	53,091.00	1,061,573.86	20.00
CAPATAZ	1,183.00	27,225.64	212.00	6,033.41	18,676.00	528,111.25	28.28
CONTROLADOR	-	-	-	-	4,704.00	89,713.16	19.07
MECANICO	346.00	6,942.71	295.00	7,853.63	4,278.50	99,755.47	23.32
NIVELADOR	830.00	12,749.55	126.00	2,246.83	15,839.00	297,375.40	18.77
OFICIAL	259.00	4,262.72	182.00	3,323.51	38,892.00	734,369.38	18.88
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	840.00	17,642.50	378.00	9,165.15	15,853.00	409,375.59	25.82
OPERADOR DE EXCAVADORA	224.00	4,833.05	238.00	5,984.72	7,703.00	200,700.40	26.05
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	544.00	12,865.76	110.00	3,035.25	16,620.00	499,854.63	30.08
OPERADOR DE RODILLO	980.00	20,518.33	236.00	5,824.21	25,496.00	656,559.46	25.75
OPERADOR DE TRACTOR	-	-	-	-	543.00	13,225.83	24.36
SOLDADOR	-	-	104.00	2,295.35	1,671.00	40,677.89	24.34
TOPOGRAFO	1,050.00	20,734.68	212.00	5,061.73	18,252.00	430,668.26	23.60
						<b>5,061,960.58</b>	

*Nota.* Elaboración propia

Durante este proceso, se determinan los precios unitarios tomando como referencia las horas totales trabajadas en ese lapso y calculando el monto total acumulado en cada categoría. El resultado de esta evaluación en dicho intervalo de tiempo se refleja en un costo real de S/ 5,061,960.58.

De la actualización de la tabla salarial, y el costo acumulado a marzo 2023, incluyendo el reintegro, se obtiene el precio unitario promedio real de HH.

La Tabla 16 representa el resumen de los resultados de las tablas dando como resultado el precio unitario promedio de abril de 2022 a marzo de 2023 por cada categoría.

Teniendo como un monto total acumulado desde abril 2022 a marzo 2023 un monto de s/. 5,600,010.52.

**Tabla 16**

*Costo promedio real acumulado*

DESCRIPCIÓN	TOTAL HH TRAB.	MONTO TOTAL	P.UNIT. PROM
	ABR'22 - MAR'23	ACUM A MAR'23	ABR A ENE
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	58,212.00	1,149,647.49	19.75
CAPATAZ	21,121.00	590,842.61	27.97
CONTROLADOR	5,182.00	97,686.36	18.85
MECANICO	4,278.50	99,755.47	23.32
NIVELADOR	17,265.00	322,133.53	18.66
OFICIAL	43,468.00	815,514.30	18.76
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	18,336.00	466,578.22	25.45
OPERADOR DE EXCAVADORA	9,037.00	230,818.37	25.54
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	18,896.00	560,863.98	29.68
OPERADOR DE RODILLO	27,578.00	703,974.00	25.53
OPERADOR DE TRACTOR	1,394.00	32,895.05	23.60
SOLDADOR	1,671.00	40,677.89	24.34
TOPOGRAFO	20,897.00	488,623.25	23.38
		<b>5,600,010.52</b>	

*Nota.* Elaboración propia

Los resultados luego de haber implementado el método del resultado operativo se muestran el capítulo IV.

### **2.3.12. Imprevistos:**

Se refieren a eventos, situaciones o problemas inesperados que surgen durante la ejecución de las actividades relacionadas con la preparación del terreno y la construcción de la sub base. Estos imprevistos pueden incluir retrasos, cambios no planificados, condiciones climáticas adversas, problemas con la maquinaria o cualquier otro factor que no estaba previsto en la planificación original del proyecto y que puede afectar negativamente su progreso o costos.

Para minimizar los imprevistos en el movimiento de tierra, es crucial utilizar maquinarias modernas y bien mantenidas, que cumplan con los estándares de seguridad. Estas máquinas deben ser operadas por personal capacitado y consciente de los riesgos asociados. Asimismo, contar con información actualizada sobre las condiciones geotécnicas del terreno y realizar inspecciones regulares durante el proceso son prácticas fundamentales para prevenir situaciones inesperadas y garantizar un desarrollo eficiente de la obra.

Controles - Check list diario para maquinarias:

“Es indispensable tener en cuenta la productividad y el consumo de una máquina para poder establecer los costes de operación y los tiempos en los que se deben realizar los

mantenimientos según el trabajo y la edad de la maquinaria, y así garantizar un trabajo seguro sin ningún tipo de imprevisto que dificulte el desarrollo de ejecución del proyecto” (Barahona, 2021, p. 13).

La importancia de los check list, los check lists desempeñan un papel crucial en el mantenimiento y operación de maquinaria pesada. Estas listas de verificación son herramientas efectivas para garantizar la seguridad, prevenir fallas y maximizar el rendimiento de las máquinas pesadas (Salas,2020,p. 37).

Un check list bien diseñado proporciona una serie de pasos específicos que deben seguirse antes, durante y después de la operación de la maquinaria. Esto incluye verificar los niveles de fluidos, inspeccionar las partes móviles, revisar los sistemas de seguridad y comprobar la funcionalidad de los controles.

### **2.3.13. Errores humanos**

Se refieren a las equivocaciones o fallos cometidos por los trabajadores o profesionales involucrados en la ejecución de las actividades relacionadas con el movimiento de tierra. Estos errores pueden abarcar una amplia gama de situaciones, desde decisiones incorrectas en la planificación y ejecución de las tareas hasta fallos en la comunicación, falta de entrenamiento o incumplimiento de procedimientos de seguridad.

En la construcción, los errores humanos pueden tener un impacto significativo en la seguridad, calidad y productividad de un proyecto. Por lo tanto, es fundamental identificar, comprender y abordar estos errores para minimizar sus efectos negativos y mejorar la gestión de riesgos en el proceso de movimiento de tierra.

Información actualizada:

El uso de información actualizada, como los archivos de diseño de Civil 3D, es fundamental para realizar movimientos de tierra eficientes y seguros. Estos archivos contienen datos geoespaciales precisos, lo que permite una planificación adecuada, evitando errores de estimación del volumen del suelo y problemas de alineación estructural. Además, las actualizaciones constantes facilitan el trabajo en equipo y mejoran la comunicación, optimizan recursos y minimizan riesgos en el desarrollo de proyectos.

Utilizar la información más reciente es fundamental para las operaciones de movimiento de tierras. Proporciona una base sólida para la planificación, evita problemas y errores y mejora la coordinación del equipo. Mantenerse actualizado asegura la calidad y el éxito de estos proyectos.

### **2.3.14. Metodología Project Risk Analysis and Management Guide**



(Análisis de riesgos del proyecto y Guía de gestión)

El Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM) es una guía desarrollada por la Asociación para la Gestión de Proyectos (Association for Project Management Group Limited, APMG). La Guía PRAM presenta un enfoque organizado y riguroso para la gestión de riesgos, que puede emplearse para incrementar la probabilidad de éxito en los proyectos. Proporciona técnicas para detectar y documentar riesgos, resaltando las posibles ramificaciones y definiendo las medidas de gestión adecuadas (Bartlett, 2004). Una de las guías más ampliamente respetadas a nivel global, especialmente dentro de organizaciones formales de gran envergadura, es la famosa "Project Risk Analysis and Management Guide", conocida como "PRAM". El PRAM cuenta con dos ediciones, una publicada en 1997 y la última en 2004. Esta última edición fue desarrollada por la Association for Project Management Group Limited (APMG) con la intención de promover y facilitar a los líderes de proyectos y al personal encargado de la gestión de riesgos, diversos métodos y enfoques que puedan ser adaptados a las circunstancias cambiantes a lo largo de todo el proyecto, y que sean coherentes con la cultura de la organización responsable.

El término "evento de riesgo" se refiere a una incertidumbre particular que puede ser identificada, evaluada y manejada a través del proceso de gestión de riesgos del proyecto, y se define de la siguiente manera: "Un evento de riesgo es una situación incierta o un conjunto de circunstancias que, si llegan a ocurrir, tendrán un impacto en la consecución de uno o más de los objetivos del proyecto." El término "riesgo del proyecto" se utiliza para describir el resultado combinado de eventos de riesgo y otras fuentes de incertidumbre. A nivel global del proyecto, es el riesgo del proyecto en lugar de los eventos de riesgo individuales lo que debe ser enfocado, pero es crucial entender cómo se define el riesgo del proyecto por sus componentes y gestionarlo en ambos niveles. El riesgo del proyecto se define de la siguiente manera: "El riesgo del proyecto es la exposición de las partes interesadas a las implicaciones de las fluctuaciones en el resultado" (Bartlett, 2004).

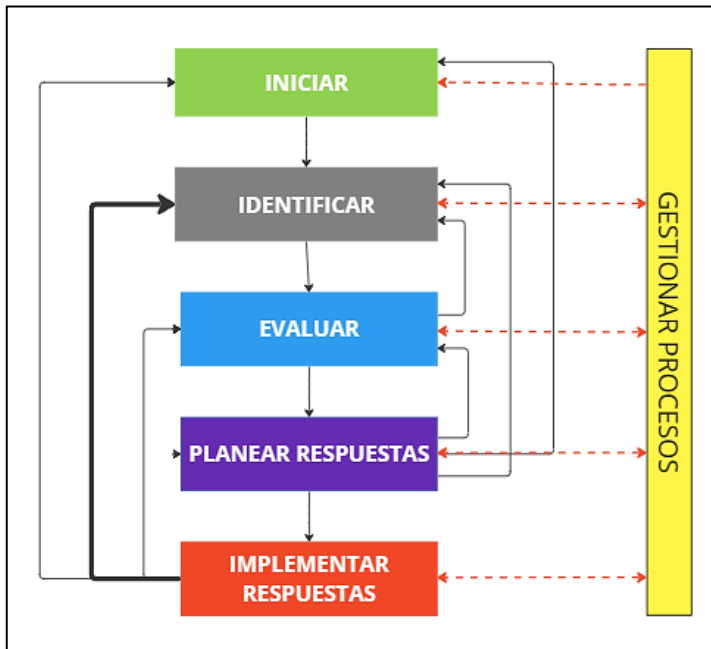
El PRAM es una modalidad de gestión de riesgos que se estructura en etapas y procesos, representando un ciclo iterativo. Esto implica que cada finalización de etapa requerirá necesariamente la ejecución de una fase previa. Estas etapas son priorizadas en la gestión según las demandas que el proyecto presente, con la intención de adaptarse a cualquier eventualidad o imprevisto. El PRAM sugiere la división del proceso de gestión de riesgos

en 6 fases: Inicio, identificación, evaluación, plan de respuesta, implementar respuesta y gestionar proceso de riesgos.

Las fases de la guía de riesgo, modelo PRAM se muestra en la Figura 28.

**Figura 28**

*Etapas de la gestión de riesgo, modelo PRAM*



*Nota.* Elaboración propia

### Fase 1: Iniciar

En la primera fase de la guía PRAM, el propósito es establecer el alcance, los objetivos y el contexto para facilitar la gestión de riesgos. El PRAM divide esta etapa en dos elementos fundamentales:

**Definición del proyecto:** Esta parte se centra en asegurar que la gestión de riesgos sea completamente comprensible, lo que implica tener objetivos bien definidos. Este enfoque se basa en un criterio claro y busca asegurar el pleno interés tanto de los responsables como de los involucrados en el proyecto. Partiendo desde esta definición, se establecerá un plan general que guiará la ejecución del proyecto.

**Definición del enfoque del proceso de gestión de riesgos:** En todo proceso de gestión de riesgos, el objetivo es tener una definición clara de los objetivos y los requisitos de alto nivel para la gestión de riesgos. Esto implica un seguimiento constante para garantizar que se mantengan actualizados de manera regular a lo largo del proceso de ejecución del proyecto.

### Fase 2: Identificar

El propósito de esta fase de la metodología PRAM es documentar riesgos que puedan tener repercusiones tanto directas como indirectas sobre los objetivos establecidos en un proyecto. De las herramientas mencionadas en la guía, para esta fase se usó: la herramienta de la Encuesta y el Análisis de causa raíz.

La guía PRAM propone la creación de una lista de situaciones de riesgo, considerando diversas circunstancias, eventos y contextos que puedan implicar un riesgo. La finalidad es asegurar la exhaustividad de esta lista, permitiendo a los responsables buscar opiniones externas según sea necesario. Asimismo, se recomienda tener en cuenta las experiencias previas de proyectos similares.

La Tabla 17 es el cuadro de imprevistos y errores humanos que se identificaron en el proceso de movimiento de tierra en la ejecución del paquete 3 de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

**Tabla 17**

*Cuadro de imprevistos y errores humanos identificados*

<b>Imprevistos</b>	
1	Deslizamiento de taludes
2	Fallos en las maquinarias
3	Cambios meteorológicos
4	Cambios del nivel freático
5	Presencia de restos arqueológicos
6	Daños a tuberías y cables existentes
7	Alto tránsito vehicular
8	Sobrecostos del combustible
<b>Errores Humanos</b>	
1	Evaluaciones de riesgos deficientes.
2	No existencia de Plan de contingencia
3	Incidentes laborales
4	Deficiente sistemas de gestión
5	Baja coordinación entre los diferentes equipos y departamentos de ingeniería
6	Personal obrero no calificado
7	Información desactualizada
8	Planificación detallada insuficiente

*Nota.* Elaboración propia

Análisis de causa y raíz:

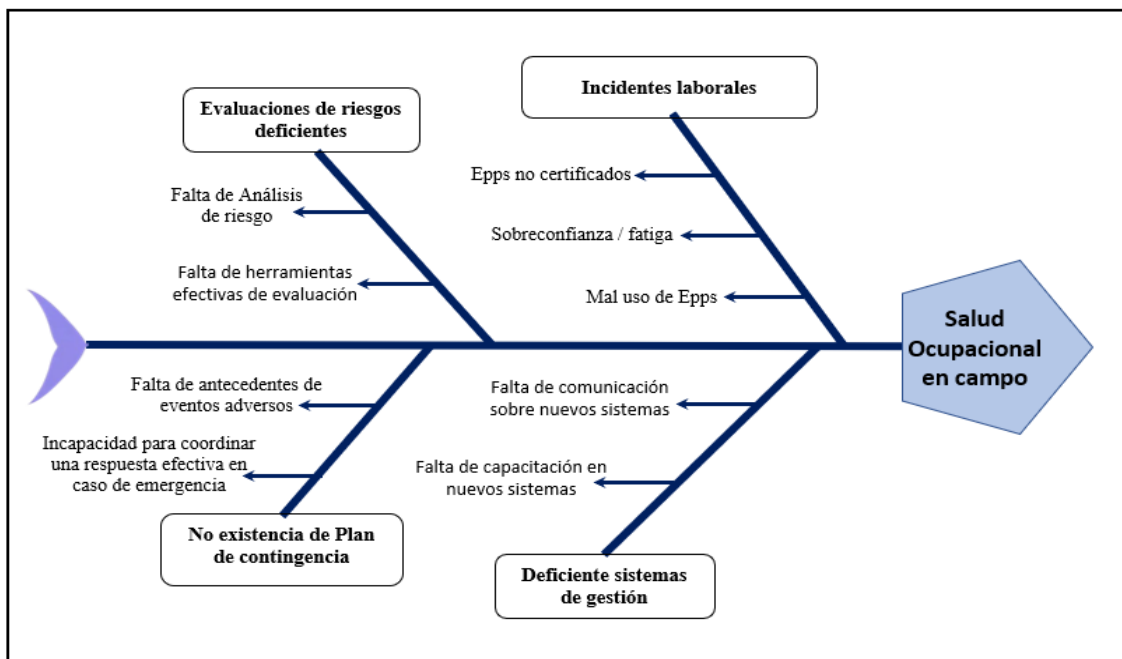
El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado o de causa y efecto, es una herramienta gráfica empleada para la identificación y análisis de las posibles razones detrás de un problema o resultado específico. Fue creado por el ingeniero japonés Kaoru Ishikawa en la década de 1960 y tiene una amplia aplicación en la mejora de procesos y la solución de dificultades en distintos ámbitos, como la ingeniería, la gestión de proyectos y el control de calidad.

La estructura del diagrama de Ishikawa guarda similitud con la forma de una espina de pez, lo que también le otorga el nombre de "diagrama de espina de pescado". En el extremo derecho del esquema se representa el problema o efecto bajo análisis, mientras que en la parte izquierda se trazan "espinas" que simbolizan diversas categorías o causas potenciales que podrían estar contribuyendo al problema.

En la Figura 29 se muestra el análisis de causa raíz de los errores humanos identificados en el área de Salud Ocupacional en campo, se logró una evaluación más minuciosa de cada uno de los errores humanos que se habían identificado previamente.

**Figura 29**

*Diagrama de Ishikawa de errores humanos en el área de Salud Ocupacional en campo en del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de una pista de aeropuerto*

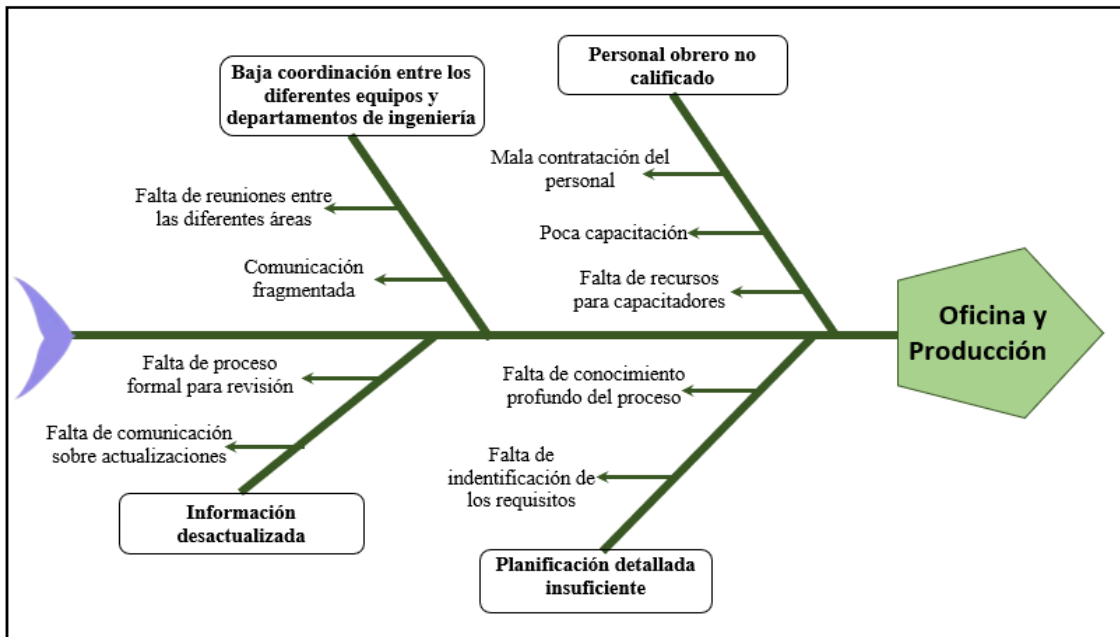


Nota. Elaboración propia

En la Figura 30 se muestra el análisis de causa raíz de los errores humanos identificados en el área de Oficina y Producción, se logró una evaluación más minuciosa de cada uno de los errores humanos que se habían identificado previamente.

**Figura 30**

*Diagrama de Ishikawa de los errores humanos que se producen en el área de Oficina y Producción en del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de una pista de aeropuerto*

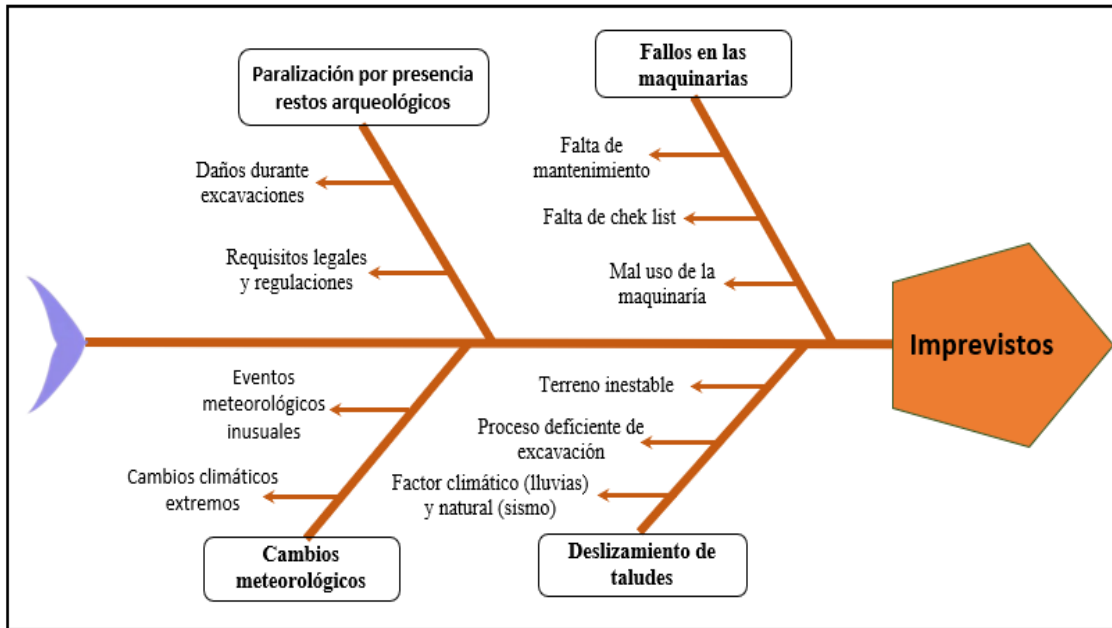


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 31 se muestra el análisis de causa raíz de los imprevistos, se logró una evaluación más minuciosa de cada uno de los errores humanos que se habían identificado previamente.

**Figura 31**

*Diagrama de Ishikawa de los imprevistos que se producen en del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de una pista de aeropuerto*

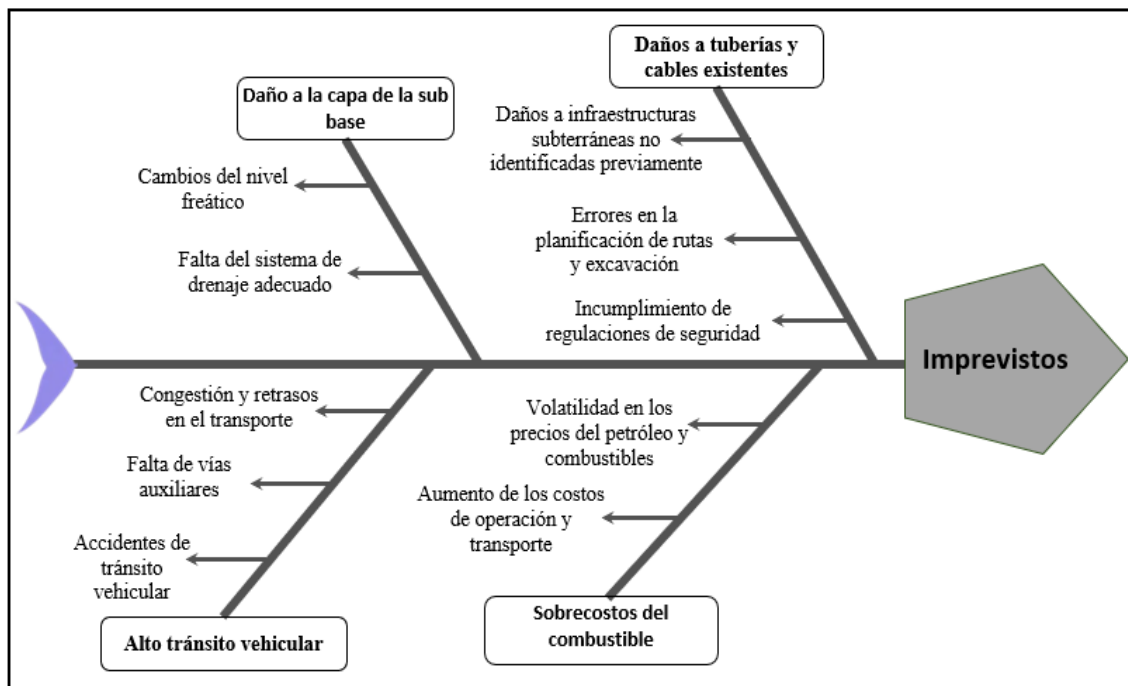


Nota. Elaboración propia

En la Figura 32 se muestra el análisis de causa raíz de los imprevistos, se logró una evaluación más minuciosa de cada uno de los errores humanos que se habían identificado previamente.

**Figura 32**

*Diagrama de Ishikawa de los imprevistos que se producen en del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de una pista de aeropuerto*



Nota. Elaboración propia

De esta manera, se pudo identificar las posibles raíces de los diversos que representan amenazas para el proceso de movimiento de tierra. Este punto concluye con el registro de los imprevistos y errores humanos, donde también se identificó sus causas más significativas, lo que permite obtener una comprensión más precisa de los eventos que deben prevenirse o mitigarse.

### Fase 3: Evaluar

Para el PRAM, la evaluación de riesgos implica la combinación del análisis de diversas situaciones con el propósito de tomar decisiones adecuadas, a lo que se agrega la clasificación o ponderación de los riesgos. Esto se realiza tanto en términos particulares como generales, considerando las particularidades del proyecto que se va a ejecutar.

La evaluación implica proporcionar una descripción detallada de cada situación, propiedad o característica relevante, teniendo en cuenta el riesgo potencial que pueden generar, la probabilidad de que ocurran y el impacto que pueden tener en los objetivos establecidos para el proyecto.

De acuerdo con el PRAM, esta fase nos indica que la evaluación implica una recopilación exhaustiva de información que muestra la exposición a los imprevistos y errores humanos a la que está sujeto el proyecto en distintos momentos de su ejecución.

A pesar de que esta fase se presenta de manera directa, se desglosa en cuatro puntos cruciales: la estructura, las propiedades, la estimación y, por último, la evaluación. Estas sub fases o etapas pueden llevarse a cabo en cualquier situación de acuerdo a la naturaleza que el proyecto requiera. De las herramientas mencionadas en la guía, para esta fase se usó: la herramienta de la Evaluación de probabilidad, la herramienta de Evaluación y su probabilidad de impacto.

#### a) Evaluación de Imprevistos y Errores humanos:

Una vez obtenidos los imprevistos y errores humanos identificados y sus respectivas fuentes, se continuará con el análisis cualitativo para evaluar mejor el imprevisto. El proceso incluye la asignación individual de probabilidad de ocurrencia e impacto a cada imprevisto identificado para que luego, los riesgos se clasifican según su prioridad y se pueden formular soluciones para que estos se puedan mitigar. Para ello, asumir los riesgos identificados en el proceso anterior.

Se procederá a detallar la técnica para la evaluación cualitativo de los imprevistos, los errores humanos y las herramientas que se usaron para lograr su evaluación.

Encuestas: En el análisis cualitativo de imprevistos y errores, las entrevistas también se consideran como una herramienta valiosa. Esto se debe a que las entrevistas se utilizan

para obtener información de individuos con experiencia en el área de investigación que está siendo abordada. Estas entrevistas se estructuran de manera sistemática para evaluar tanto la probabilidad como el impacto de los imprevistos específicos del proyecto, así como otros factores relevantes. Es fundamental que estas herramientas de recolección de datos se realicen de manera transparente e imparcial para asegurar un uso adecuado de la información recopilada.

b) Evaluación de Probabilidad de ocurrencia de los Imprevistos y Errores humanos:

Esta evaluación se adquiere mediante la encuesta que se usó para recopilar datos. Donde los expertos respondieron en base a su experiencia sobre la probabilidad de ocurrencia de cada imprevisto y error humano identificado, las cuales se mencionan con anterioridad. La probabilidad se refiere a cuántas veces se ha manifestado un riesgo durante la ejecución de movimientos de tierra en proyectos de construcción.

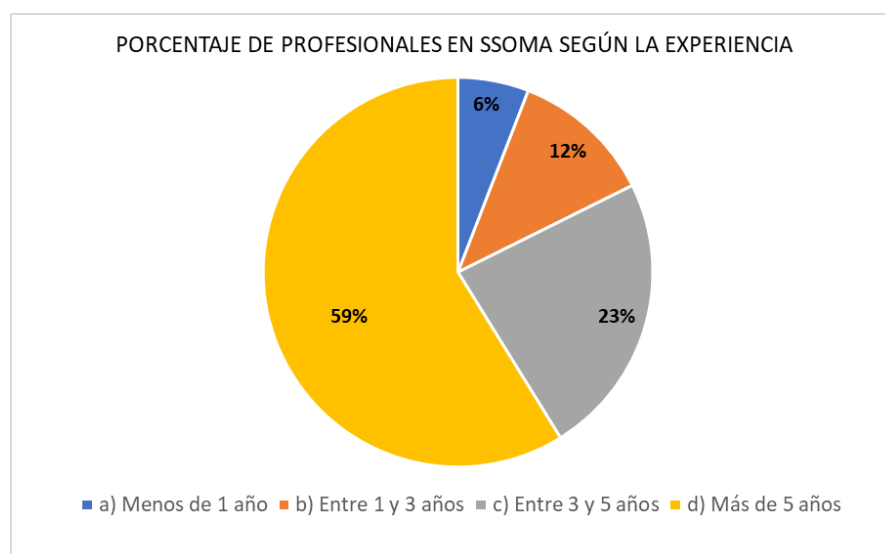
Los resultados obtenidos de la encuesta muestran en las siguientes figuras:

¿Cuál es tu experiencia en el campo de SSOMA en movimiento de tierra?

En la Figura 33 se muestra la experiencia de los encuestados en Seguridad, Salud y Medio Ambiente (SSOMA). Notando que el 59% de estos cuentan con experiencia mayor a 5 años, mientras los que tienen entre 3 y 5 años de experiencia representan el 23%, seguidos por profesionales entre 1 y 3 años de experiencia que representan el 12% y finalmente los profesionales con menos de 1 año de experiencia representan el 6%. Esto proporciona una diversidad valiosa para la investigación de la tesis.

### Figura 33

*Porcentaje de profesionales en SSOMA según años de experiencia*



*Nota.* Elaboración propia

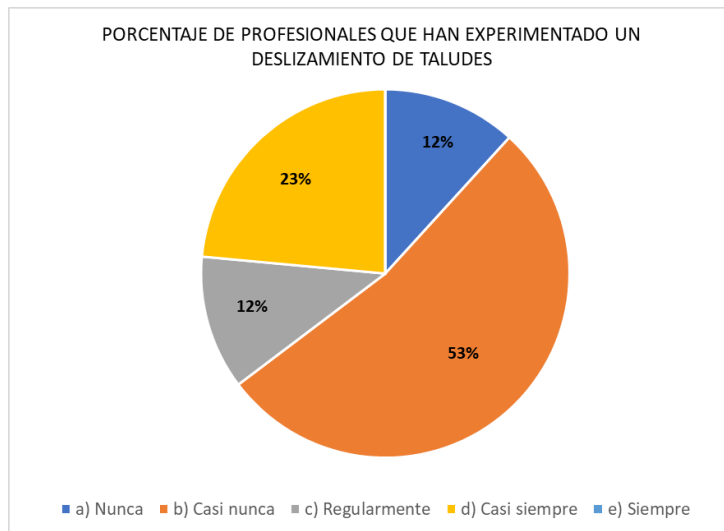


Imprevistos:

1. ¿Usted con qué frecuencia ha presenciado o experimentado un deslizamiento de taludes en la ejecución de los procesos del movimiento de tierra en un proyecto de construcción? La Figura 34 refleja que la respuesta "casi nunca" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados, respecto a haber experimentado un deslizamiento de taludes en la ejecución del movimiento de tierra, representando el 53% del total siendo una probabilidad baja. A continuación, las opciones "siempre" con 24%, "regularmente" y "nunca" ambos con 12%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

**Figura 34**

*Porcentaje de profesionales que han experimentado deslizamiento de taludes*



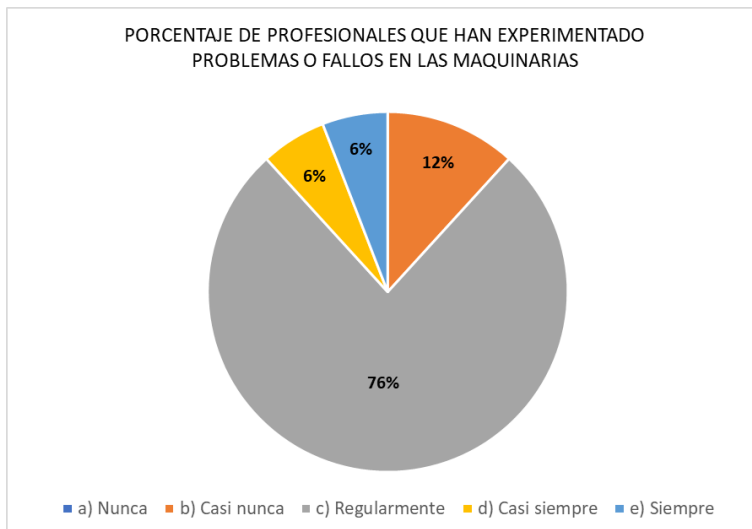
*Nota.* Elaboración propia

2. ¿Usted con qué frecuencia ha presenciado o experimentado problemas o fallos en las maquinarias durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?

La Figura 35 refleja que la respuesta "regularmente" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados, respecto a haber experimentado problemas o fallos en la maquinaria durante el movimiento de tierra, representando el 76% del total siendo una probabilidad muy alta. A continuación, las opciones "casi nunca" con 12%, "casi siempre" y "siempre" con 6 %, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

**Figura 35**

*Porcentaje de profesionales que han experimentado problemas o fallos en las maquinarias*



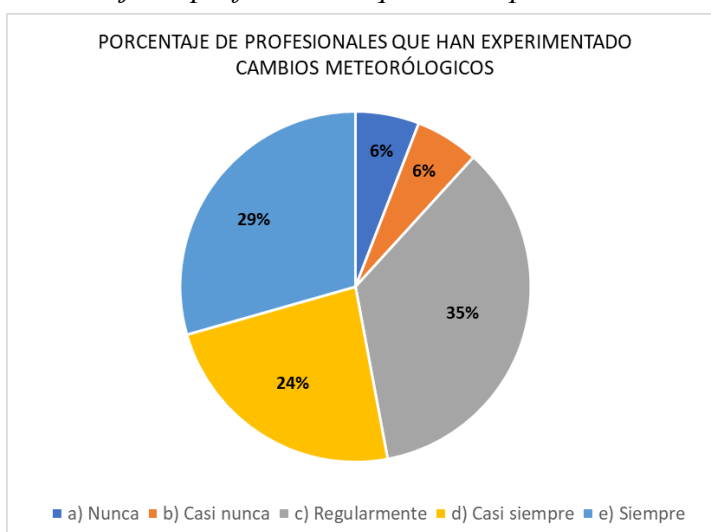
*Nota.* Elaboración propia

3. ¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, presenciado o experimentado cambios meteorológicos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?

La Figura 36 refleja que la respuesta "regularmente" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados, respecto a haber experimentado cambios meteorológicos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra, representando el 35% del total siendo una probabilidad media. A continuación, las opciones "siempre" con 29%, "casi siempre" con 24%, "nunca" y "casi nunca" ambos por 6%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

**Figura 36**

*Porcentaje de profesionales que han experimentado cambios meteorológicos*



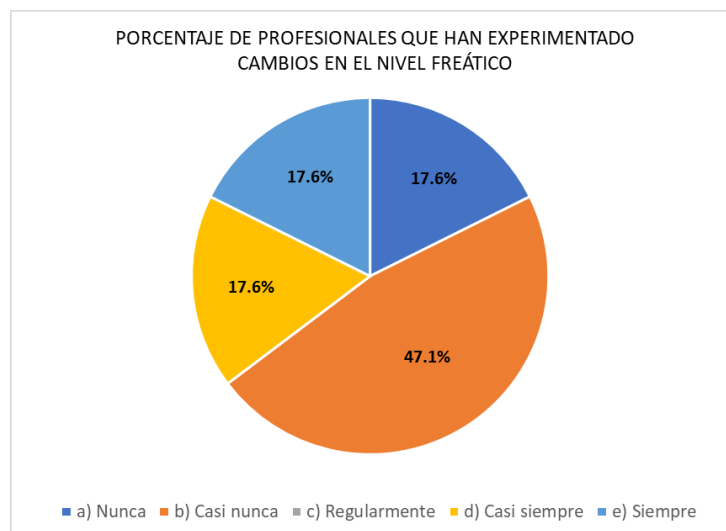
*Nota.* Elaboración propia

4. ¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, presenciado o experimentado cambios en el nivel freáticos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?

La Figura 37 refleja que la respuesta "casi nunca" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados, respecto a haber experimentado cambios en el nivel freáticos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra, representando el 47.1% del total siendo una probabilidad baja. A continuación, las opciones "siempre," "casi siempre" y "nunca" tuvieron por igualdad 17.6%.

### Figura 37

*Porcentaje de profesionales que han experimentado cambios en el nivel freático*



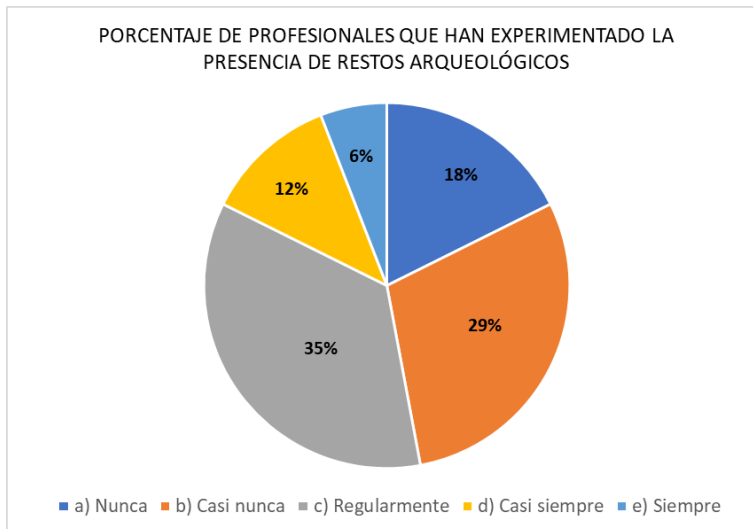
*Nota.* Elaboración propia

5. ¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, presenciado o experimentado presencia de restos arqueológicos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?

La Figura 38 refleja que la respuesta "regularmente" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a haber experimentado presencia de restos arqueológicos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra, representando el 35% del total siendo una probabilidad media. A continuación, las opciones "casi nunca" con 29%, "nunca" con 18%, "casi siempre" con 12% y "siempre" con 6%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

### Figura 38

*Porcentaje de profesionales que han experimentado la presencia de restos arqueológicos*



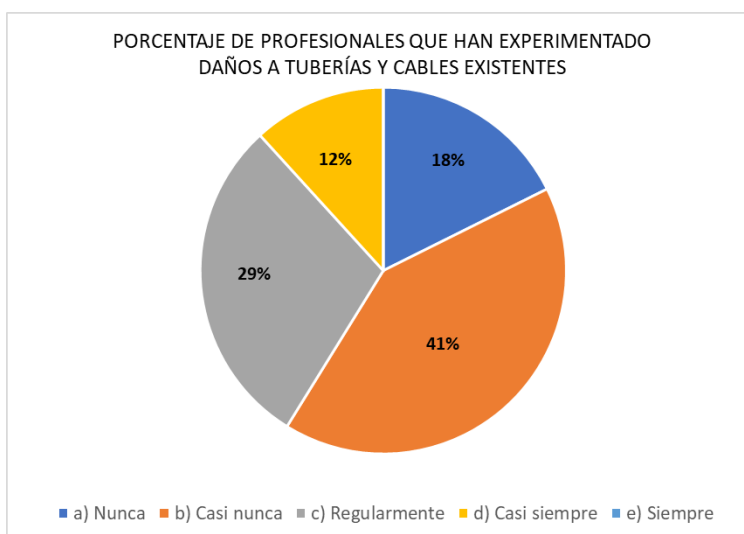
*Nota.* Elaboración propia

6. ¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, ha presenciado o experimentado que hayan ocurrido daños a tuberías y cables existentes durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?

La Figura 39 refleja que la respuesta "casi nunca" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a haber experimentado que hayan ocurrido daños a tuberías y cables existentes durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra, representando el 41% del total siendo una probabilidad baja. A continuación, las opciones "regularmente" con 29%, "nunca" con 18% y "casi siempre" con 12%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

**Figura 39**

*Porcentaje de profesionales que han experimentado daños a tuberías y cables existentes*



*Nota.* Elaboración propia

7. ¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, se enfrentaron desafíos relacionados con el alto tráfico vehicular en la zona de trabajo?

La Figura 40 refleja que la respuesta "regularmente" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados, respecto que se enfrentaron desafíos significativos relacionados con el alto tráfico vehicular en la zona de trabajo, representando el 70% del total siendo una probabilidad muy alta. A continuación, las opciones "casi siempre", "casi nunca" ambos con 12 % y "nunca" con 6%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

#### Figura 40

*Porcentaje de profesionales que han experimentado desafíos relacionados con el alto tránsito vehicular*



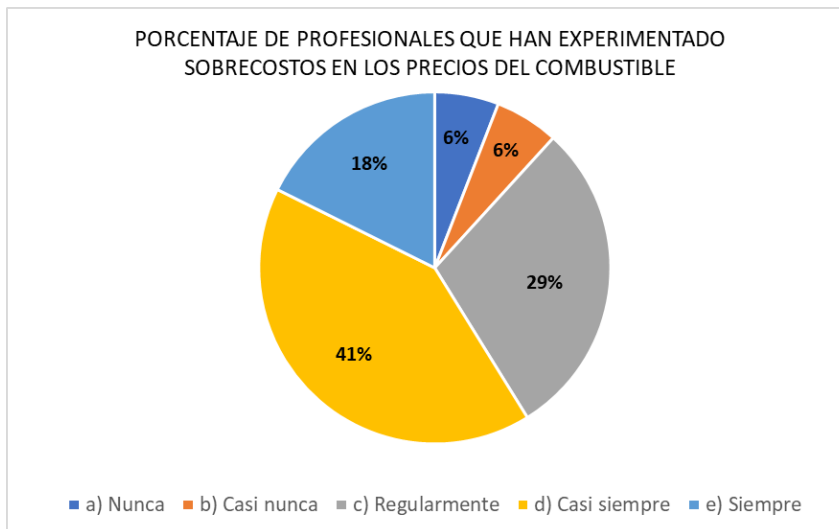
*Nota.* Elaboración propia

8. ¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, se incurrieron en sobrecostos en los precios del combustible?

La Figura 41 refleja que la respuesta "casi siempre" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados, respecto que incurrieron en sobrecostos debido a fluctuaciones en los precios del combustible, representando el 41% del total siendo una probabilidad alta. A continuación, las opciones "regularmente" con 29%, "siempre" con 18%, "nunca," y "casi nunca" con 6%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

#### Figura 41

*Porcentaje de profesionales que han experimentado sobrecostos en los precios del combustible*



*Nota.* Elaboración propia

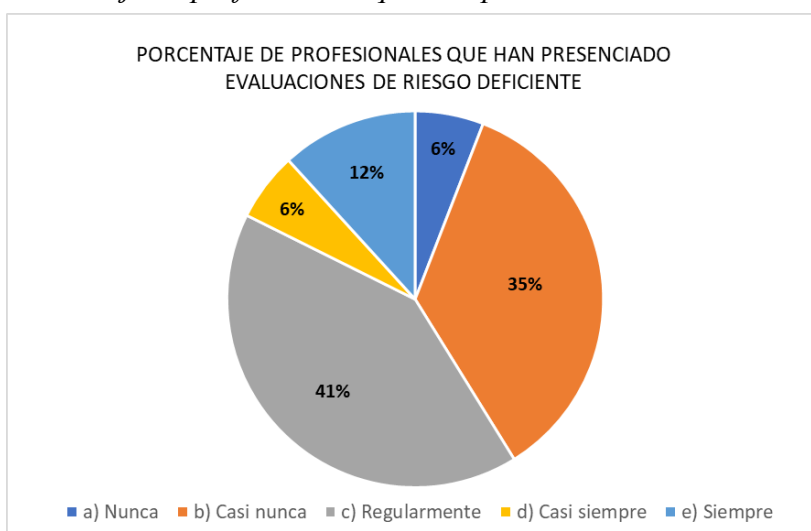
Errores humanos:

1. ¿Usted con qué frecuencia ha presenciado o experimentado evaluaciones de riesgos deficientes en el movimiento de tierra para procesos de construcción?

La Figura 42 refleja que la respuesta "regularmente" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a haber presenciado evaluaciones de riesgo deficientes, representando el 41% del total siendo una probabilidad alta. A continuación, las opciones "casi nunca" con 35%, "siempre" con 12%, "nunca" y "casi siempre" con 6%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

**Figura 42**

*Porcentaje de profesionales que han presenciado evaluaciones de riesgo deficiente*



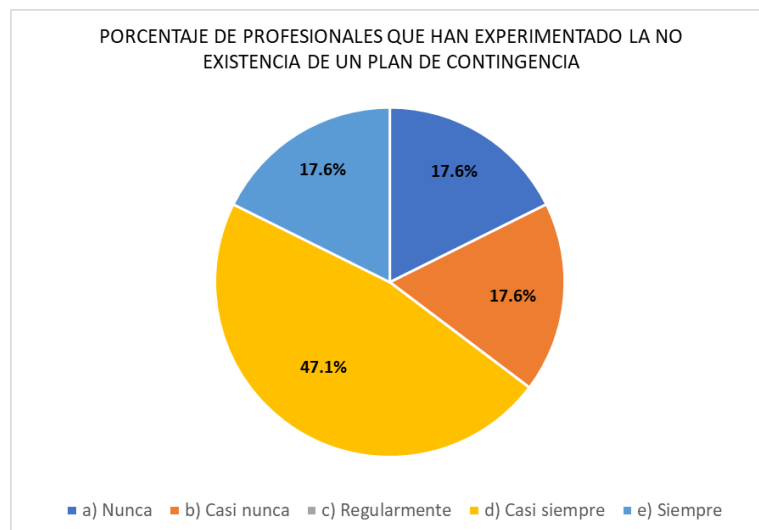
*Nota.* Elaboración propia

2. ¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, no se tenía implementado un plan de contingencia para abordar imprevistos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?

La Figura 43 refleja que la respuesta "casi siempre" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a no tener implementado un plan de contingencia para abordar imprevistos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra, representando el 47,1% del total siendo una probabilidad media. A continuación, las opciones "nunca", "casi nunca" y "siempre" donde tuvieron el mismo porcentaje de 17.6%.

### Figura 43

*Porcentaje de profesionales que han experimentado la no existencia de un plan de contingencia*



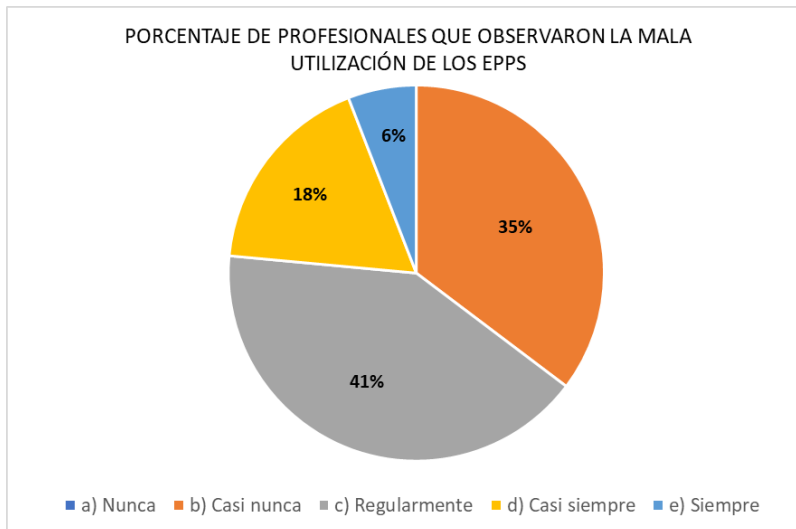
*Nota.* Elaboración propia

3. ¿Usted con qué frecuencia observó la mala utilización de los equipos de protección personal en los trabajos de movimiento de tierra?

La Figura 44 refleja que la respuesta "regularmente" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a la mala utilización de los equipos de protección personal, representando el 41% del total siendo una probabilidad media. A continuación, las opciones "casi nunca" con 35%, "casi siempre" con 18% y "siempre" con 6%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

### Figura 44

*Porcentaje de profesionales que observaron la mala utilización de los Epps*



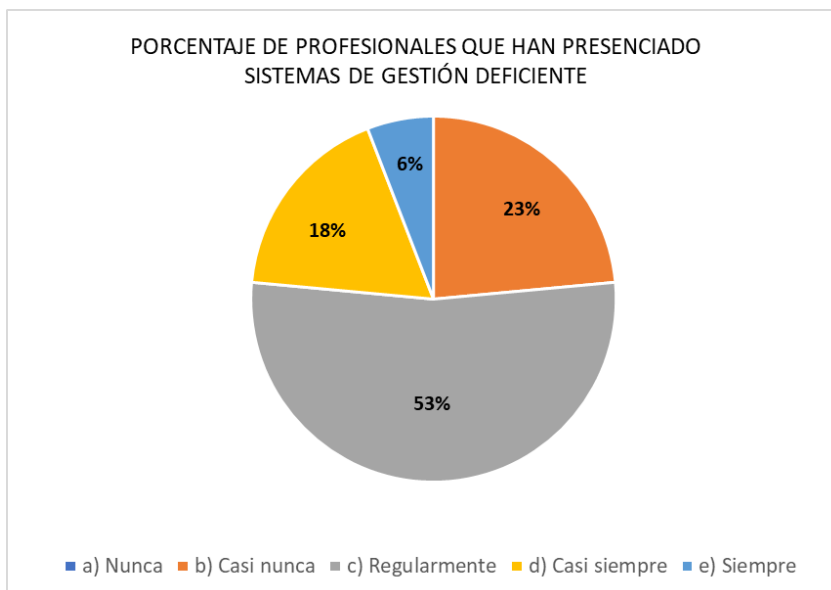
*Nota.* Elaboración propia

4. ¿Con qué frecuencia ha presenciado o experimentado deficiencias en los sistemas de gestión de SSOMA y tuvo que proponer mejoras en los procesos de ejecución del movimiento de tierra para proyectos de construcción?

La Figura 45 refleja que la respuesta "regularmente" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a haber experimentado deficientes sistemas de gestión, representando el 53% del total siendo una probabilidad alta. A continuación, las opciones "casi nunca" con 24%, "casi siempre" con 18% y "siempre" con 6% también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

#### **Figura 45**

*Porcentaje de profesionales que han presenciado sistemas de gestión deficiente*



*Nota.* Elaboración propia

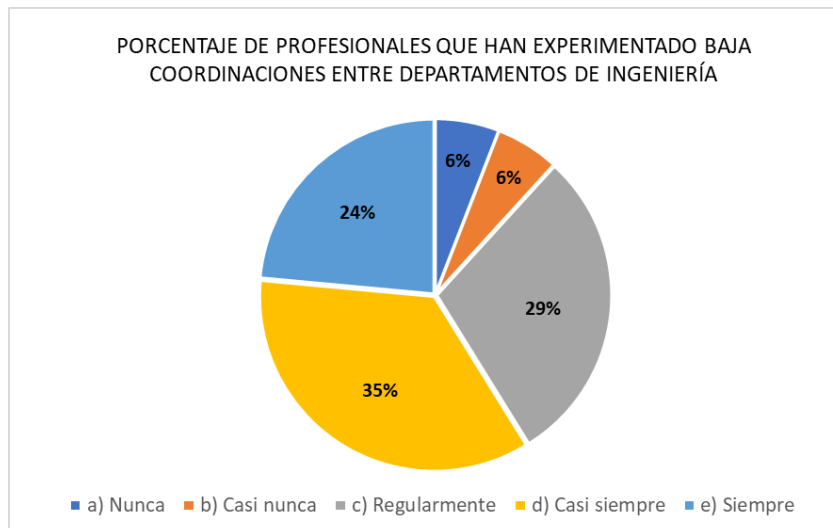


5. ¿En los proyectos que ha trabajado, con qué frecuencia se realizaba la coordinación entre los diferentes equipos y departamentos de ingeniería, para ver los factores que puedan generar imprevistos en el movimiento de tierra?

La Figura 46 refleja que la respuesta "casi siempre" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a la baja coordinación entre los diferentes equipos y departamentos de ingeniería, representando el 35% del total siendo una probabilidad media. A continuación, las opciones "regularmente" con 29%, "siempre" con 24%, "nunca" y "casi nunca" con 6%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

#### Figura 46

*Porcentaje de profesionales que han experimentado baja coordinaciones entre departamentos de ingeniería*



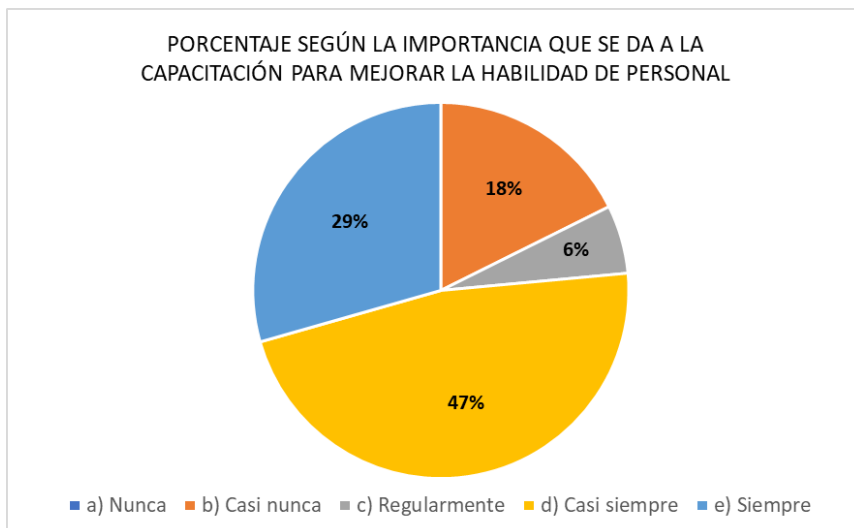
*Nota.* Elaboración propia

6. ¿Usted con qué frecuencia, le da el nivel de importancia "esencial" a la capacitación constante para mejorar las habilidades del personal obrero en el movimiento de tierra?

La Figura 47 refleja que la respuesta "casi siempre" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a la importancia esencial a la capacitación constante para mejorar las habilidades del personal obrero en el movimiento de tierra, representando el 47% del total siendo una probabilidad baja. A continuación, las opciones "siempre" con 29% "casi nunca" con 18% y "regularmente" con 6%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

#### Figura 47

*Porcentaje según la importancia que se da a la capacitación para mejorar la habilidad de personal*



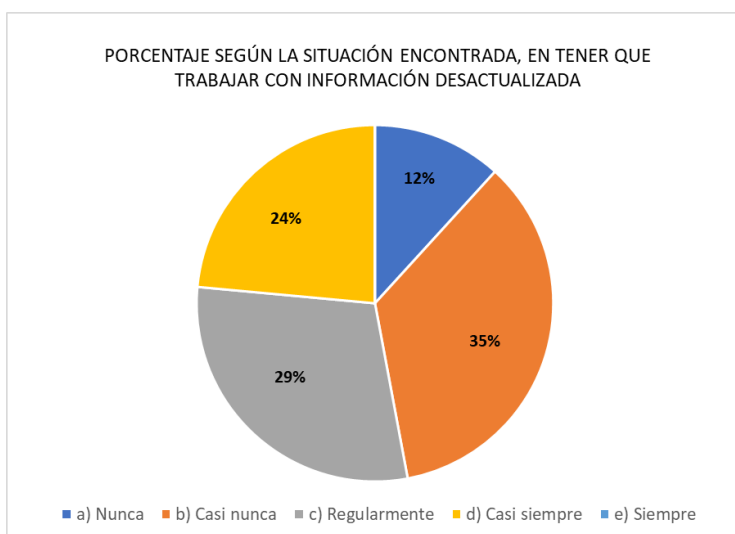
*Nota.* Elaboración propia

7. ¿Usted con qué frecuencia se encontró en la situación de tener que trabajar con información que no está actualizada en relación al diseño del acabado de la sub base?

La Figura 48 refleja que la respuesta "casi nunca" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a la situación de tener que trabajar con información que no está actualizada en relación al diseño del acabado de la sub base, representando el 35% del total siendo una probabilidad baja. A continuación, las opciones "regularmente" con 29% "casi siempre" con 24% y "nunca" con 12% también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

### Figura 48

*Porcentaje según la situación encontrada, en tener que trabajar con información desactualizada*



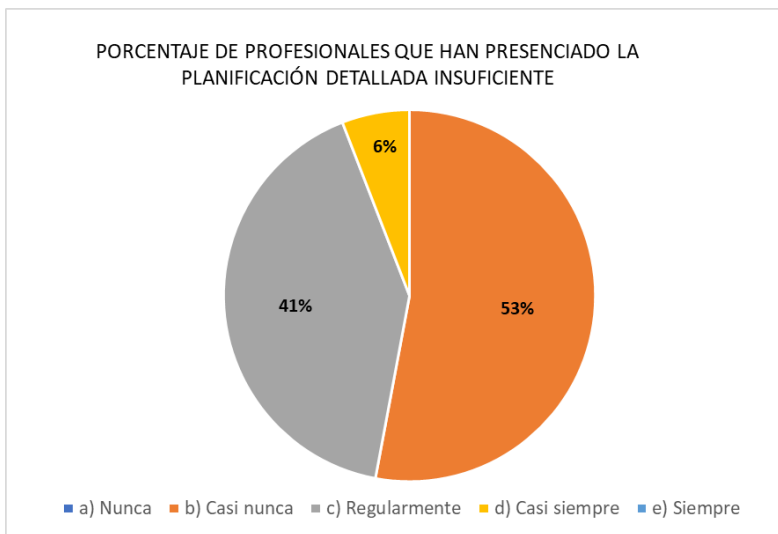
*Nota.* Elaboración propia

8. ¿Con qué frecuencia ha presenciado o experimentado una planificación deficiente de los procesos a seguir en la ejecución en el movimiento de tierra para proyectos de construcción?

La Figura 49 refleja que la respuesta "casi nunca" fue la opción más seleccionada por la mayoría de los encuestados respecto a haber presenciado una planificación deficiente, representando el 53% del total siendo una probabilidad alta. A continuación, las opciones "regularmente" con 41% y "casi siempre" con 6%, también se destacan en ese orden en términos de frecuencia de elección.

**Figura 49**

*Porcentaje de profesionales que han presenciado la planificación detallada insuficiente*



*Nota.* Elaboración propia

Tal como mencionamos previamente, la probabilidad se categorizará en niveles como (MA)Muy Alto, (A)Alto, (M)Medio y (B)Bajo para este proyecto de investigación.

Utilizando los valores indicados en la Tabla 18, se asigna un valor numérico y un porcentaje de probabilidad a cada imprevisto de forma individual. Cada imprevisto y error humano recibirá una categorización específica basada en esta tabla. De esta manera, se determina que tan probable es que un imprevisto ocurra durante la ejecución de movimientos de tierra.

**Tabla 18**

*Categorías de probabilidad de ocurrencia de imprevistos y errores humanos*

CATEGORÍA	DEFINICIÓN DE PROBABILIDAD	% PROBABILIDAD	VALOR
<b>MA</b>	Muy Alto	>70%	0.8
<b>A</b>	Alto	41% - 70%	0.6
<b>M</b>	Medio	21% - 40%	0.4
<b>B</b>	Bajo	<20%	0.2

*Nota.* Elaboración propia/ Referenciado de Evaluación de la probabilidad-impacto <https://www.praxisframework.org/es/library/probability-impact-assessment>

Esta medida nos permite realizar un análisis más sólido y tomar medidas preventivas para mitigar que el imprevisto se materialice. Como se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Registro de Imprevistos y Errores humanos, de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia*

	Imprevistos	% FRECUENCIA	CATEGORÍA	VALOR
1	Deslizamiento de taludes	12%	B	0.2
2	Fallos en las maquinarias	76%	MA	0.8
3	Cambios meteorológicos	35%	M	0.4
4	Cambios del nivel freático	18%	B	0.2
5	Presencia de restos arqueológicos	35%	M	0.4
6	Daños a tuberías y cables existentes	18%	B	0.2
7	Alto tránsito vehicular	71%	MA	0.8
8	Sobrecostos del combustible	41%	A	0.6
	Errores Humanos	% FRECUENCIA	CATEGORÍA	VALOR
1	Evaluaciones de riesgos deficientes.	41%	A	0.6
2	No existencia de Plan de contingencia	47%	A	0.6
3	Incidentes laborales	41%	A	0.6
4	Deficiente sistemas de gestión	53%	A	0.6
5	Baja coordinación entre los diferentes equipos y departamentos de ingeniería	35%	M	0.4
6	Personal obrero no calificado	18%	B	0.2
7	Información desactualizada	12%	B	0.2
8	Planificación detallada insuficiente	41%	A	0.6

*Nota.* Elaboración propia

a) Evaluación del nivel de impacto del imprevisto y error humanos en caso de ocurrencia: La evaluación del nivel de impacto de un imprevisto y error humano implica determinar cuán significativamente afectaría el proyecto, en este caso al proceso de ejecución del movimiento de tierra, si ese imprevisto en particular se materializara. Este proceso ayuda a cuantificar o calificar las consecuencias negativas potenciales y a clasificar la

importancia relativa de cada imprevisto en función de sus efectos proyectados. Con el propósito de evaluar el impacto, se aplicó un criterio para estimar los distintos niveles de magnitud, que se establecieron como: Impacto Muy Alto (IMA), Impacto Alto (IA), Impacto Medio (IM) e Impacto Bajo (IB). Es importante destacar que, al atribuir un valor de impacto a cada riesgo, se tuvieron en cuenta aspectos desfavorables tanto en términos de costos como en plazos de ejecución. De esta manera, se utilizó un enfoque cualitativo para medir la relevancia de los imprevistos previamente identificados en la etapa anterior del proceso.

Los criterios de impacto del imprevisto establecidos se categorizan en la Tabla 20. Mediante los valores definidos en la Tabla 20, se asigna un valor de impacto a cada imprevisto y error humano de manera individual, y a cada uno se le asignará una categoría correspondiente. De este modo, se logra determinar la magnitud del impacto que un imprevisto generaría en la ejecución de movimientos de tierra al materializarse.

**Tabla 20**

*Categorías del Imprevisto y Error humano según el nivel de impacto*

CATEGORÍA	DEFINICIÓN DE IMPACTO Y ERROR HUMANO		VALOR
<b>IMA</b>	Impacto muy Alto	Consecuencia preocupante derivada de un imprevisto y error humano en el proceso de movimiento de tierra, afectando y aumentando el costo en los recursos utilizados, el tiempo de ejecución y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores.	0.8
<b>IA</b>	Impacto alto	Consecuencia significativa derivada de un imprevisto y error humano en el proceso de movimiento de tierra, afectando y aumentando el costo en los recursos utilizados, el tiempo de ejecución y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores.	0.6
<b>IM</b>	Impacto medio	Consecuencia moderada derivada de un imprevisto y error humano en el proceso de movimiento de tierra, afectando y aumentando el costo en los recursos utilizados, el tiempo de ejecución y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores.	0.4
<b>IB</b>	Impacto bajo	Consecuencia tolerable derivada de un imprevisto y error humano en el proceso de movimiento de tierra, afectando y aumentando el costo en los recursos utilizados, el tiempo de ejecución y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores.	0.2

*Nota.* Elaboración propia

Con este parámetro, se facilita una evaluación más precisa y se obtiene una base para tomar medidas preventivas con el fin de mitigar que el imprevisto y error humano se convierta en una realidad problemática. Como se muestra en la Tabla 21.

**Tabla 21**

*Registro de Imprevistos y Errores humanos, de acuerdo a su nivel de impacto*

	Imprevistos	CATEGORÍA	VALOR
1	Deslizamiento de taludes	IA	0.6
2	Fallos en las maquinarias	IMA	0.8
3	Cambios meteorológicos	IA	0.4
4	Cambios del nivel freático	IA	0.2
5	Presencia de restos arqueológicos	IM	0.4
6	Daños a tuberías y cables existentes	IA	0.2
7	Alto tránsito vehicular	IMA	0.8
8	Sobrecostos del combustible	IA	0.6
	Errores Humanos	CATEGORÍA	VALOR
1	Evaluaciones de riesgos deficientes.	IM	0.4
2	No existencia de Plan de contingencia	IMA	0.8
3	Incidentes laborales	IA	0.6
4	Deficiente sistemas de gestión	IM	0.4
5	Baja coordinación entre los diferentes equipos y departamentos de ingeniería	IM	0.4
6	Personal obrero no calificado	IM	0.4
7	Información desactualizada	IM	0.4
8	Planificación detallada insuficiente	IM	0.4

*Nota.* Elaboración propia

#### b) Evaluación de la prioridad de los imprevistos y errores humanos

El proceso de evaluación de la prioridad de los imprevistos y errores humanos representa una manera práctica para clasificarlos en función de su nivel de gravedad. Esto se logra al considerar tanto la probabilidad como el impacto que tendría la materialización de dicho imprevisto. En otras palabras, cuanto más grande sea la probabilidad y más significativo sea el impacto, mayor será la prioridad asignada en términos de gestión y respuesta.

La determinación de la gravedad de un imprevisto y error humano se inicia de manera cualitativa. Esto significa que, para implementar esta herramienta, se comienza por asignar una probabilidad de ocurrencia y un nivel de impacto a cada riesgo de manera

individual, tal como se detalló en la sección anterior. En función de estos factores, se establece una categorización de prioridades, lo que facilita la identificación y atención eficiente de los riesgos más críticos y significativos.

Con el objetivo de establecer la prioridad de los imprevistos y errores humanos, se planteó un criterio que implica cuatro niveles de prioridad. Estas categorías se detallada en la siguiente Tabla 22, cuya tabla nos ayudará a poder categorizar los imprevistos de acuerdo a su prioridad.

**Tabla 22**

*Categorías de prioridad para los Imprevistos y Errores humanos*

CATEGORÍA	PRIORIDAD	RANGO
<b>MA</b>	Muy Alto	0.37 - 0.64
<b>A</b>	Alto	0.17 - 0.36
<b>M</b>	Medio	0.05 - 0.16
<b>B</b>	Bajo	0.04 - 0.00

Fuente: Elaboración propia/ Referenciado de Evaluación de la probabilidad-impacto <https://www.praxisframework.org/es/library/probability-impact-assessment>

### c) Matriz de Probabilidad e Impacto

Esta herramienta se emplea para visualizar los datos obtenidos durante la recolección de información. Se trata de una cuadrícula que conecta la probabilidad de que ocurra cada imprevisto y error humano con el impacto que tendría sobre la ejecución del proceso de movimiento de tierra afectando y aumentando el costo en los recursos utilizados, el tiempo de ejecución y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores, en caso de que ese imprevisto se materialice. Esta matriz facilita la clasificación de los imprevistos y errores humanos de acuerdo con su nivel de prioridad, lo que significa evaluar su importancia en el proceso del movimiento de tierra. Esta clasificación resulta fundamental para diseñar un plan de acción específico para cada imprevisto individualmente.

En esta matriz, se atribuye un grado de prioridad a los imprevistos y errores humanos fundamentalmente considerando la interacción entre su probabilidad e impacto evaluados previamente. La determinación de la prioridad de los riesgos se obtendrá multiplicando la probabilidad por el impacto. Mediante este enfoque, se podrán clasificar en función de su importancia y asignar a cada imprevisto individual una etiqueta de categoría y un color correspondiente.

La Tabla 23 nos muestra las cuatro zonas que asignarán prioridades a cada imprevisto y error humano de manera individual. El color rojo denota un riesgo de categoría muy alta, lo cual indica una gravedad considerable. Esto se debe a que la probabilidad de ocurrencia es alta y su impacto que tendría sobre la ejecución del proceso de movimiento de tierra afectando y aumentando el costo en los recursos utilizados, el tiempo de ejecución y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores, es considerable. Por tanto, es esencial tomar medidas efectivas para mitigar este imprevisto. Por el contrario, el color verde simboliza un riesgo de categoría baja, lo cual implica que podría ser tolerado en el proyecto sin causar un gran impacto. Es relevante destacar que estas divisiones son valiosas para la planificación y la respuesta. Permiten la implementación de soluciones en función de la prioridad específica de cada imprevisto y error humano de manera individual.

**Tabla 23**

*Matriz de Probabilidad e Impacto*

		PROBABILIDAD			
		0.2	0.4	0.6	0.8
IMPACTO	0.2	0.04	0.08	0.12	0.16
	0.4	0.08	0.16	0.24	0.32
	0.6	0.12	0.24	0.36	0.48
	0.8	0.16	0.32	0.48	0.64

*Nota.* Elaboración propia

Luego de llevar a cabo este procedimiento en relación a los imprevistos y errores humanos previamente identificados, se generaron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 24.

**Tabla 24**

*Registro de Imprevistos y Errores humanos según su prioridad*



	Imprevistos	PROBABILIDAD		IMPACTO		PRIORIDAD
		CATEGORÍA	VALOR	CATEGORÍA	VALOR	
1	Deslizamiento de taludes	B	0.2	IA	0.6	0.12
2	Fallos en las maquinarias	MA	0.8	IMA	0.8	0.64
3	Cambios meteorológicos	M	0.4	IA	0.4	0.16
4	Cambios del nivel freático	B	0.2	IA	0.2	0.04
5	Presencia de restos arqueológicos	M	0.4	IM	0.4	0.16
6	Daños a tuberías y cables existentes	B	0.2	IA	0.2	0.04
7	Alto tránsito vehicular	MA	0.8	IMA	0.8	0.64
8	Sobrecostos del combustible	A	0.6	IA	0.6	0.36

	Errores Humanos	PROBABILIDAD		IMPACTO		PRIORIDAD
		CATEGORÍA	VALOR	CATEGORÍA	VALOR	
1	Evaluaciones de riesgos deficientes.	A	0.6	IM	0.4	0.24
2	No existencia de Plan de contingencia	A	0.6	IMA	0.8	0.48
3	Incidentes laborales	A	0.6	IA	0.6	0.36
4	Deficiente sistemas de gestión	A	0.6	IM	0.4	0.24
5	Baja coordinación entre los diferentes equipos y departamentos de ingeniería	M	0.4	IM	0.4	0.16
6	Personal obrero no calificado	B	0.2	IM	0.4	0.08
7	Información desactualizada	B	0.2	IM	0.4	0.08
8	Planificación detallada insuficiente	A	0.6	IM	0.4	0.24

*Nota.* Elaboración propia

d) Resultados obtenidos del análisis cualitativo de los imprevistos y errores humanos

Una vez concluidos los procedimientos pertinentes para llevar a cabo la evaluación cualitativa de los imprevistos y errores humanos, que comprenden la determinación de la probabilidad de ocurrencia y el impacto en la ejecución del proceso de movimiento de tierra, se procede a definir una clasificación jerárquica de prioridades para los riesgos, con el fin de identificar los riesgos más significativos y elaborar estrategias de respuesta en la siguiente fase. Al culminar la elaboración de la matriz de probabilidad e impacto de los imprevistos, se han obtenido las categorías correspondientes a la probabilidad, el impacto y la prioridad asociadas a cada imprevisto individualmente. Estos datos han sido registrados y ordenados en función de su grado de prioridad, tal como se observa en la Tabla 25.

**Tabla 25**

*Resultados obtenidos del análisis cualitativo de los Imprevistos y Errores humanos identificados en el proceso de movimiento de tierra*

	IMPREVISTOS	PROBABILIDAD	IMPACTO	PRIORIDAD
1	Fallos en las maquinarias	MA	IMA	0.64
2	Alto tránsito vehicular	MA	IMA	0.64
3	Sobrecostos del combustible	A	IA	0.36
4	Cambios meteorológicos	M	IA	0.16
5	Presencia de restos arqueológicos	M	IM	0.12
6	Deslizamiento de taludes	B	IA	0.12
7	Cambios del nivel freático	B	IA	0.4
8	Daños a tuberías y cables existentes	B	IA	0.4
	ERRORES HUMANOS	PROBABILIDAD	IMPACTO	PRIORIDAD
1	No existencia de Plan de contingencia	A	IMA	0.48
2	Incidentes laborales	A	IA	0.36
3	Evaluaciones de riesgos deficientes.	A	IM	0.24
4	Deficiente sistemas de gestión	A	IM	0.24
5	Planificación detallada insuficiente	A	IM	0.24
6	Baja coordinación entre los diferentes equipos y departamentos de ingeniería	M	IM	0.16
7	Personal obrero no calificado	B	IM	0.08
8	Información desactualizada	B	IM	0.08

*Nota.* Elaboración propia

De los resultados que se han presentado en el análisis cualitativo, es de vital importancia elaborar planes de respuesta para cada uno de ellos. Para este proyecto de investigación, se ha planteado diseñar estrategias de respuesta para todos los imprevistos y errores humanos identificados.

#### Fase 4: Planear respuesta

El PRAM, en esta fase, busca establecer respuestas concretas y definidas para abordar cualquier situación de riesgo que surja, considerando también el nivel general de riesgo requerido por el proyecto. Se recomienda, de acuerdo con el PRAM, dividir esta fase en dos partes con el propósito de optimizar el esfuerzo y el tiempo.

La planificación de respuestas se deriva de las iteraciones dentro del proceso de gestión de riesgos, ya que, por un lado, las respuestas a riesgos que afecten los intereses del proyecto se retroalimentarán a la etapa inicial, potencialmente modificando la estrategia del proyecto y/o durante todo el proceso de gestión de riesgos. Por otro lado, tomar medidas en respuesta a riesgos contribuirá en situaciones de riesgo previamente identificadas, lo que puede llevar a la aparición de nuevos eventos o riesgos secundarios. Estos últimos se someterán a una fase de evaluación e identificación.

➤ Preparar estrategias ante situaciones de imprevistos y errores humanos: En esta etapa intermedia, se establecen estrategias para mitigar amenazas y capitalizar oportunidades, con el propósito de maximizar los resultados favorables en relación a los objetivos del proyecto. Esta etapa comienza con una revisión de las respuestas iniciales identificadas durante la fase de evaluación, para determinar si siguen siendo las más adecuadas.

Para evaluar si una respuesta es apropiada, el encargado del proyecto debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El grado de importancia de las diferentes metas del proyecto.
- La relevancia de la situación de riesgo en relación con las metas del proyecto.
- La eficacia de la respuesta inmediata para abordar el contexto de riesgo y su impacto en la consecución de los objetivos del proyecto.
- Las probables implicaciones en el presupuesto, rendimiento y cronograma de ejecución del proyecto.
- La comparación entre el costo previsto para prevenir situaciones de riesgo (amenazas) o aprovechar oportunidades, y los gastos potenciales si se materializa dicha situación de riesgo o se pierde la oportunidad.
- Los posibles riesgos secundarios que podrían surgir en el proyecto como resultado de la implementación de las respuestas al riesgo.
- La disponibilidad de recursos para llevar a cabo las respuestas ante situaciones de riesgo.

➤ Elaborar estrategias para abordar los imprevistos y errores humanos del proyecto: En esta etapa particular, el PRAM sugiere utilizar una planificación estratégica desde el inicio del proceso, con el propósito de guiar de manera segura y efectiva. Además, los conocimientos acumulados en las fases previas del proceso de gestión de riesgos contribuirán a la creación de un plan eficaz.

Las tablas de desarrollo de estrategias de respuesta ante los imprevistos, se muestra en el capítulo IV.

#### Fase 5: Implementar respuestas

Durante esta etapa, el PRAM garantiza que se lleven a cabo las acciones respaldadas por las decisiones tomadas durante la fase de planificación de respuestas. Además de esto, se incluyen acciones para implementar respuestas específicas para situaciones de riesgo particulares y para abordar acciones que puedan afectar la planificación general y la

gestión del proyecto, basadas en la evaluación de imprevistos. La implementación de las respuestas conlleva una evaluación de la eficacia lograda durante todo el proceso de gestión de riesgos, lo que permite determinar si se logran cumplir los objetivos establecidos desde el inicio.

Esta etapa implica llevar a cabo las estrategias de respuesta que se han planificado para abordar los imprevistos identificados. Puntos a tomar en cuenta para realizar de manera efectiva esta fase:

- **Acciones Planificadas:**

Establecer acciones concretas que deben realizarse para implementar la estrategia de respuesta para cada imprevisto identificado.

- **Recursos Asignados:**

Determinar los recursos necesarios para llevar a cabo las acciones planificadas. Esto podría incluir personal con habilidades específicas, herramientas, equipos o presupuesto adicional. Asegurarse de que haya recursos suficientes para implementar las respuestas de manera efectiva.

- **Indicadores de Éxito:**

Definir criterios claros para evaluar si la respuesta implementada está teniendo el efecto deseado.

- **Fecha de Revisión:**

Establecer una fecha en la que se revisará la efectividad de la respuesta implementada. Esto permitirá evaluar si se están logrando los resultados esperados y si es necesario realizar ajustes.

#### Fase 6: Gestionar proceso

La fase final propuesta por el PRAM se concentra en asegurar la efectividad de la gestión de imprevistos, examinando minuciosamente cada etapa del proceso de gestión de imprevistos, así como evaluando la perspectiva que se pretende adoptar en cada fase y, de igual manera, para todo el proceso en su totalidad.

Se monitorean los riesgos a lo largo del proyecto y se revisan las estrategias de mitigación según sea necesario. Esto asegura que cualquier cambio en las condiciones o nuevos riesgos se aborden adecuadamente.

Gestionar los procesos es crucial para garantizar que las respuestas implementadas continúen siendo eficaces a lo largo del tiempo. Puntos a tomar en cuenta para realizar de manera efectiva esta fase final:

- Estado de la Respuesta:

Evaluar el estado actual de las respuestas implementadas. Esto implica verificar si las acciones planificadas se están realizando según lo previsto y si están teniendo el impacto deseado.

- Efectividad de la Respuesta:

Evaluar cómo está funcionando la estrategia de respuesta en términos de mitigar el imprevisto. Si la respuesta no está teniendo el efecto deseado, es importante tomar medidas correctivas.

- Cambios en las Circunstancias:

Siempre estar atento al proceso de ejecución del movimiento de tierra ante cualquier cambio en el entorno que pueda afectar la eficacia de las respuestas planteadas para los imprevistos identificados. Puede haber cambios en el clima, el suelo, la disponibilidad de recursos, entre otros, que podrían requerir ajustes en las estrategias de respuesta.

- Acciones Correctivas:

Si se encuentra que una respuesta no está funcionando como se esperaba, implementar acciones correctivas. Esto podría implicar revisar y ajustar las estrategias de respuesta existentes o desarrollar nuevas estrategias si es necesario.

- Próxima Revisión:

Establecer una fecha para la siguiente revisión del imprevisto y la respuesta. Esto asegurará que se esté monitoreando continuamente la situación y haciendo los ajustes necesarios a medida que el proceso de ejecución del movimiento de tierra para la sub de las pistas de aeropuerto siga avanzando.

## **2.4. Definición de términos básicos**

### ***2.4.1. Procesos de Movimiento de Tierra:***

Se refiere al conjunto de estrategias y procesos utilizados para planificar, coordinar y controlar las actividades relacionadas con la manipulación, uso y traslado de grandes volúmenes de tierra en proyectos de construcción. El objetivo de esta gestión es lograr una ejecución eficiente, segura y económica. Mediante la toma de decisiones técnicas, la asignación de recursos y la implementación de medidas de control.

#### ***2.4.2. Procesos de ejecución:***

Actividades en forma secuencial durante la ejecución de cada actividad desde la preparación del terreno hasta la finalización y entrega de obra e incluyen la selección de materiales la contratación de mano de obra, la gestión de recursos, plazos y la supervisión de la calidad, inspección y verificación del cumplimiento de las normativas y especificaciones técnicas.

#### ***2.4.3. Planeamiento:***

Es el análisis en el cual se establecen las estrategias de gestión y organización necesarias para la ejecución de un proyecto o de cierta actividad específica. Empezando con el estudio y la definición de los objetivos específicos. Procediendo con el EDT (Estructura de desglose de trabajo) en actividades más pequeñas y manejables, donde se identificas las relaciones y dependencias entre ellas, creando un cronograma de trabajo.

#### ***2.4.4. Costo:***

Es la medida en términos económicos, de la cantidad de mano de obra, materiales y maquinaria, que se utiliza o utilizará durante el proceso de ejecución de un proyecto. Estos costos se subdividen en costos directos e indirectos.

#### ***2.4.5. Control de Costos:***

Conjunto de procesos como el monitoreo, seguimiento y gestión de gastos que permiten determinar el margen del proyecto a la fecha y proyectar el margen final del mismo. Lo que permite analizar entre los costos proyectos y los costos reales en obra en cada partida. Las actividades están comprendidas dentro del control de costos es la estimación de costos, presupuesto, seguimiento de costos, análisis de desviaciones y control de cambios.

#### ***2.4.6. Recursos:***

Son elementos necesarios con los cuentan los proyectos de construcción para poder realizar la ejecución de actividades, estos recursos los componen la mano de obra, materiales y maquinaria.

#### ***2.4.7. Cronograma contractual:***

Es un documento que establece de manera detallada las fechas y plazos específicos en los que se espera que se lleven a cabo las actividades y entregables claves de un proyecto, de acuerdo con los términos y condiciones de un contrato. Este cronograma es una parte fundamental de la gestión de proyectos en la ingeniería civil y la construcción, ya que ayuda a asegurar que todas las partes involucradas cumplan con sus compromisos y responsabilidades en el tiempo estipulado.

#### **2.4.8. Presupuesto:**

Es una previsión detallada y cuantificable los gastos que serán necesarios para que se ejecute un proyecto de construcción, también sirve como una herramienta que nos permitirá controlar estos gastos e ingresos en todo el trayecto de la obra.

#### **2.4.9. Rendimiento:**

Se refieren a la cantidad de trabajo que una máquina, equipo o conjunto de trabajadores puede realizar en un período de tiempo determinado al llevar a cabo tareas relacionadas con el movimiento de tierra. Los rendimientos se expresan generalmente en términos de unidades de trabajo por hora o día, como metros cúbicos de tierra excavados, nivelados o transportados en una hora o día de trabajo.

#### **2.4.10. Lean Construction:**

Se define como una filosofía gestión y un enfoque de producción en la industria de la construcción, centrándose en mejorar las eficiencia y calidad en cada etapa del proyecto al eliminar actividades que no agregan valor. Cuyas bases se centran en la eliminación de desperdicios, la mejora continua, el enfoque en el flujo de trabajo, la colaboración y la orientación al valor del cliente.

### **2.5. Hipótesis**

#### **2.5.1. General**

Mejorando el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto se optimiza la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión.

#### **2.5.2. Específico**

- a) Al analizar las restricciones en el proceso del movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto para defensa del cronograma contractual permite mejorar la productividad.
- b) Al analizar las horas hombres por categoría en el proceso de movimiento de tierra en las pistas de un aeropuerto, permite hallar la brecha presupuestal del costo real contra el presupuesto base del proyecto.
- c) Evaluar los imprevistos y errores humanos identificados en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto permite desarrollar estrategias de respuesta para su mitigación.

### **2.6. Variables**

En la Tabla 26 se muestra la definición conceptual y definición operacional de las variables.

**Tabla 26**

*Definición de variables*

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	El movimiento de tierra es el conjunto de actividades y procesos que involucra la manipulación, excavación, traslado, acopio y compactación del suelo y otros materiales necesarios para la preparación y adecuación del terreno en proyectos de construcción. Este proceso tiene como objetivo, modificar la topografía del terreno, crear pendientes, nivelar superficies, construir estructuras subterráneas, terraplenes con la finalidad de lograr una sub base estable y resistente, para construcción de infraestructuras como pistas de aeropuertos.	El movimiento de tierra implica la utilización de maquinaria pesada, como excavadoras, cargadores frontales, volquetes para la remoción, transporte y motoniveladoras para la compactación de tierra, rocas y otros materiales, siguiendo procedimientos específicos de ingeniería y seguridad en el contexto de proyectos de construcción de infraestructura. Se mide operativamente mediante la cantidad de material movido en metros cúbicos (m³) y la productividad en términos de tiempo y costo.
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
<b>SUB BASE</b>	La sub base es una capa de material granular o tratado, ubicada debajo de la capa de base en la construcción de pavimentos y pistas de aeropuerto. Tiene como finalidad proporcionar soporte estructural, mejorar la resistencia y estabilidad del pavimento, y distribuir las cargas de tráfico de manera uniforme.	Es una capa clave en la construcción de la pista y cumple varias funciones, como proporcionar una base estable, resistente y uniforme que distribuya las cargas de las aeronaves, reducir la deformación de la superficie, mejorar el drenaje y contribuir a la durabilidad del pavimento.

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 27 se muestra matriz de operacionalización de la variable independiente y la variable dependiente, con sus respectivas dimensiones e indicadores.

**Tabla 27**

*Matriz de Operacionalización*

OBJETIVO GENERAL	VARIABLES PRINCIPALES	
	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
Proponer mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto a fin de optimizar la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión.	<b>X: MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	<b>Y: SUB BASE</b>
	<b>DIMENSIONES DE X</b>	<b>DIMENSIONES DE Y</b>
	X1: Excavación	Y1: Compactación
	X2: Traslado	
	X3: Acopio	
	X4: Imprevistos y Errores humanos	
	<b>INDICADORES DE X</b>	<b>INDICADORES DE Y</b>
	X11: Rendimiento en la maquinaria de excavación	Y11: Rendimiento en la maquinaria de nivelación.
	X21: Distancia promedio de traslado	
	X31: Tiempo de ciclo de traslado	
	X41: Frecuencia de imprevistos y errores humanos	

*Nota.* Elaboración propia



## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

### 3.1. Tipo de investigación

#### 3.1.1. *Por el enfoque:*

El enfoque de investigación tiene un enfoque cuantitativo. Porque la variable independiente movimiento de tierra es cuantitativo porque se cuantifica por m<sup>3</sup> y la variable dependiente es cuantitativo porque se también cuantifica por m<sup>3</sup>.

#### 3.1.2. *Por el nivel:*

La investigación tiene un nivel predictivo porque se anticipa a situaciones futuras con la implementación de las herramientas de gestión en el proceso de movimiento de tierra. Es descriptivo porque detalla sus variables.

#### 3.1.3. *Diseño:*

El diseño de la investigación es no experimental. Debido a que no se van a manipular las variables. Es longitudinal porque se utilizan varias variables y se estudian en un período de tiempo. Es retrospectivo ya que se tiene con información y datos del paquete 3 de la partida de movimiento de tierra en la ampliación del (AIJCh) recolectada con anterioridad y se propondrá mejoras al movimiento de tierra para pista de un aeropuerto a fin de optimizar los procesos de ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión.

#### 3.1.4. *Método:*

El método del presente trabajo de investigación es hipotético-deductivo-inductivo, porque presenta hipótesis y en la operacionalización de variables se ha considerado ir del todo (variables principales), las cuales son el movimiento de tierra y sub base, a las partes (dimensiones), las cuales son excavación, traslado, acopio, compactación e imprevistos y errores humanos. Con estas variables y dimensiones se estructuran los objetivos y al concluir la investigación se usa el método inductivo para poder corroborar, de los resultados obtenidos, de los objetivos específicos al cumplimiento del objetivo general, el cual es optimizar los procesos de ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión, proponiendo mejoras al movimiento de tierra para pista de un aeropuerto.

### 3.2. Población de estudio y Muestra

#### 3.2.1. *Objeto de estudio:*

La población del presente trabajo de investigación es única, representada por el proyecto de ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, ubicado en el distrito del Callao en la provincia y departamento Lima- Perú 2023.

### **3.2.2. Muestra:**

La muestra es única, como se menciona en este trabajo el objeto de estudio ha sido escogido y delimitado por el investigador. No se realizaron estudios estadísticos para determinar la aplicación de los procesos a desarrollar.

## **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.3.1. Técnicas de recolección de datos**

En esta fase del estudio, se llevó a cabo la recopilación de información concerniente a las variables asociadas con el análisis de las tácticas de aprendizaje relacionadas con la inteligencia emocional. Tal y como describe (Arias, 1976, p. 146), se aplicaron métodos diversos para obtener los datos, los cuales abarcan diversas modalidades o enfoques de adquisición de información. El autor mismo indica que los instrumentos constituyen recursos materiales utilizados para capturar y retener datos.

La técnica para la recolección de información (fuentes secundarias). Tesis, artículos científicos, libros sobre movimiento de tierra y papers, además de la recopilación de información de campo y el trabajo realizado en oficina técnica.

### **3.3.2. Instrumentos de recolección de datos**

La encuesta se emplea ampliamente en investigaciones académicas, planificación estratégica y análisis de eventos sociales. Es una herramienta versátil para recopilar datos e información en diversas situaciones según (Falcón y otros, 2019, p. 3), la encuesta desempeña un papel esencial en la ingeniería al proporcionar una forma estructurada y sistemática de recopilar información crucial para la toma de decisiones, el diseño eficiente de soluciones y la mejora continua de procesos, por ello usamos este instrumento para poder llevar a cabo uno de nuestros objetivos.

Asimismo, combina la recopilación de datos en campo y el trabajo en la oficina técnica. La información de campo proporciona la base crucial para comprender las condiciones del proyecto, mientras que la oficina técnica procesa y aplica estos datos para tomar decisiones informadas y diseñar soluciones efectivas. Esta sinergia es esencial para el éxito y la eficiencia de los proyectos de ingeniería.

### **3.3.3. Reporta los datos de validez y confiabilidad**

La confiabilidad de un instrumento de medición se centra en evaluar la estabilidad de sus respuestas cuando se administra a un grupo de individuos, sin importar quién lo aplique ni cuándo se aplique. En contraste, la validez se refiere al grado en que dicho instrumento efectivamente mide lo que se busca medir. Estos conceptos son fundamentales en la

investigación, y su comprensión es esencial para garantizar la precisión de los resultados como describe (Santos, 2017, p. 3), la confiabilidad y la validez son dos aspectos cruciales en la investigación y la medición. La confiabilidad asegura que un instrumento de medición sea consistente y estable a lo largo del tiempo y entre diferentes aplicadores, lo que garantiza resultados coherentes.

Se aplicaron encuestas mediante cuestionarios para obtener la opinión de tres profesionales en el campo de movimiento de tierra, quienes evaluaron la validez del instrumento de estudio. Los expertos recibieron la matriz de consistencia, el cuestionario y la ficha de opinión, mediante los cuales evaluaron los objetivos de la investigación.

Los resultados de esta evaluación se presentan en la Tabla 28, que muestra el nivel de validez otorgado por los expertos.

**Tabla 28**

*Nivel de validez según el juicio de los expertos*

<b>Expertos</b>	<b>Validación del cuestionario %</b>
Luis Ccolqui Quilla Ingeniero Civil	90.00
Jorge Fernandez Briceño Ingeniero Civil	88.00
Diego Castillo Vasquez Ingeniero Civil	86.00
<b>Promedio</b>	<b>87.60</b>

*Nota.* Elaboración Propia

La siguiente Tabla 29 presenta los valores necesarios para aplicar el nivel de validez adecuado de acuerdo a los resultados obtenidos.

**Tabla 29**

*Rango de valores del nivel de validez de la encuesta*

<b>Valores</b>	<b>Niveles de Validez</b>
91-100	Excelente
81-90	Muy bueno
71-80	Bueno
61-70	Regular
51-60	Deficiente

*Nota.* Elaboración Propia

Según la evaluación realizada por los expertos a través de la ficha de opinión y su validación por parte de los profesionales mencionados, se obtuvo una calificación de muy bueno con un valor del 87.6%, ya que se encuentra dentro del rango de 81 a 90.

### **3.4. Descripción y procedimiento de análisis de datos**

#### ***3.4.1. Técnicas de procesamiento de datos***

La estadística descriptiva comprende un conjunto de métodos numéricos y visuales utilizados para detallar y examinar un conjunto de datos, sin realizar inferencias acerca de la población a la que están relacionados según (Faraldo y Pateiro, 2013, p. 1), esto implica recopilar datos sobre la topografía, información de campo y otros factores relacionados con el terreno. Luego, se aplican métodos estadísticos descriptivos para resumir y visualizar estos datos, lo que permite a los ingenieros civiles tomar decisiones informadas sobre el diseño y la construcción de proyectos que involucran movimiento de tierra, en este caso el proceso de movimiento de tierra hasta la sub base. Estas técnicas ayudan a caracterizar el terreno, identificar tendencias y patrones, y evaluar la variabilidad en los datos, lo que es fundamental para el éxito de proyectos de ingeniería civil.

#### ***3.4.2. Instrumentos de procesamiento de datos***

El diseño de los instrumentos de procesamiento de datos es esencial en la investigación, ya que su confiabilidad y validez garantizan la obtención de información precisa, contribuyendo así al logro de objetivos, verificación de hipótesis y generación de conocimiento. Tal y como describe (Herrera Acosta y otros, 2020, p. 435), para este trabajo de investigación se usó la combinación del programa Ms Excel, herramientas de Lean Construction y la guía PRAM es esencial en la investigación de movimiento de tierra en Ingeniería Civil. Estos recursos facilitan la recopilación y análisis de datos, optimizando la toma de decisiones y asegurando la calidad de esta investigación para la tesis.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Habiendo realizado el desarrollo de la investigación, logramos analizar las restricciones en el proceso del movimiento de tierra para defensa del cronograma contractual, analizar las horas hombres por categoría con el fin de hallar la brecha presupuestal y evaluar los imprevistos, errores humanos identificados para desarrollar las estrategias de mitigación, con el fin de proponer la mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto a fin de optimizar la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión.

### **4.1 Resultados**

#### ***4.1.1. Resultado del objetivo específico 1***

La Tabla 30 muestra los resultados del análisis de restricciones derivadas de la fase de planificación anticipada (lookahead), donde se identifican las actividades y los recursos faltantes debido a las restricciones. Se observa que las actividades más afectadas por restricciones fueron el carguío de material y el transporte de material, destacando el volquete como la maquinaria más perjudicada. Estas limitaciones se debieron a la falta de revisión técnica, que es responsabilidad del subcontratista, y a la falta de una planificación adecuada para el uso de las maquinarias, lo cual recae en el residente. En cuanto a la actividad de conformación y compactado de material, se registró la ausencia de 3 operadores debido a la falta de exámenes médicos y la falta de foto check de ingreso, responsabilidades a cargo del área administrativa de la empresa. Finalmente, en la actividad de excavación, se identificó la falta de 2 operadores debido a la falta de una inducción para el ingreso a la obra, siendo el prevencionista de riesgo el responsable de esta omisión.

**Tabla 30**

*Análisis de restricciones y medidas correctivas*

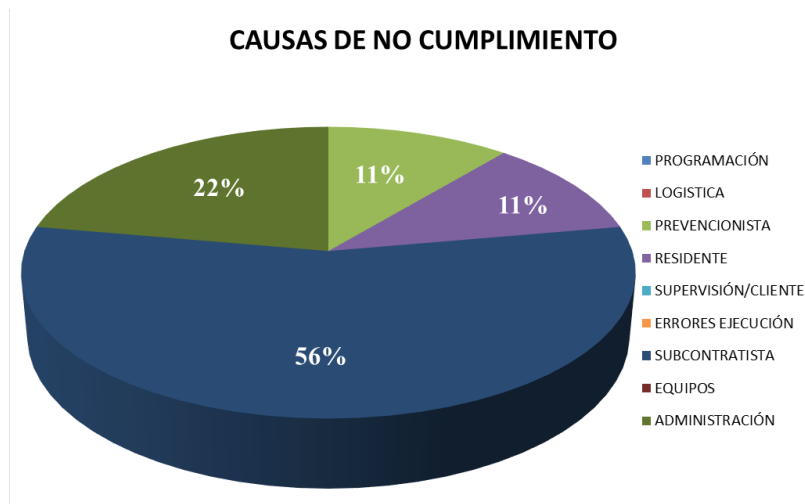
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES / RECURSOS						
<b>Proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez</b> PROCESO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA LA OBRA PARA EL TERMINAL AEROPUERTO LIMA WP3		<b>EJECUTOR:</b> Hugo Lopez, Gerardo Cordova	<b>FECHA:</b> 11/04/22			
		<b>UBICACIÓN:</b> AV. NESTOR GAMBETA	<b>Nº HOJA</b> 1			
Código	Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida en Obra	Responsable	MEDIDA CORRECTIVA
1	Excavación de material tipo B; D=1km			21-Abr-22		
2	Carguio de material tipo B; D=1km	2 volquetes	El subcontratista se encuentra desabastecido de volquetes para alquilar.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
3	Transporte de material por 1km adicional	2 volquetes	El subcontratista se encuentra desabastecido de volquetes para alquilar.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
4	Conformación y compactado de material tipo B	1 operador	No se generó su exámen médico para ingresar a laborar.	21-Abr-22	Administración	Solicitar seguimiento a la parte administrativa
5	Excavación de material tipo B; D=1km					
6	Carguio de material tipo B; D=1km					
7	Transporte de material por 1km adicional					
8	Conformación y compactado de material tipo B					
9	Excavación de material tipo A; D=1km	2 operadores	No se dió inducción de seguridad para ingresar a laborar.	21-Abr-22	Prevencionista de Riesgo	solicitar seguimiento parte ssoma
10	Zarandeo de material tipo A; D=1km					
11	Carguio de material tipo A; D=1km	3 volquetes	3 volquetes observados por falta de revisión técnica.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
12	Transporte de material por 1km adicional	3 volquetes	3 volquetes observados por falta de revisión técnica.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
13	Conformación y compactado de material tipo A	2 operadores	No se generó su fotocheck de ingreso.	21-Abr-22	Administración	Solicitar seguimiento a la parte administrativa
14	Excavación de material tipo C; D=1km					
15	Zarandeo de material tipo C; D=1km					
16	Carguio de material tipo C; D=1km					
17	Transporte de material por 1km adicional					
18	Conformación y compactado de material tipo C					
19	Excavación de material tipo C-D; transporte a zona de acopio	1 operador	No se dió inducción de seguridad para ingresar a laborar.	21-Abr-22	Subcontratista	Cambiar de proveedor o mayor exigencia al actual
20	Carguio de material tipo C-D; transporte a zona de acopio	4 volquetes	El residente no planificó las maquinas a usar.	21-Abr-22	Residente	Mas atencion a los requerimientos de producción
21	Carguio, D=1km					
22	Transporte, D=1km					
23	Conformación y compactado de material tipo C-D					
Residente Ingenierode Campo Asistente de Campo Ingeniero de Calidad Ingeniero de Oficina Tecnica		Jorge Fernandez Manuel Huertas Hugo Ballón Victor Ballón Lisset Pardo	Ingeniero Asistente de OT Administración Almacenero Prevencionista de Riesgo Maestro de Obra	Hugo Lopez Enrique Pardo Carlos Guzman Jorge Isla Robert		
FIRMA		FIRMA				
ELABORADO POR: Hugo Lopez, Gerardo Cordova		APROBADO POR: Jorge Fernandez				

*Nota.* Elaboración Propia

En la Figura 50 tenemos un comparativo de las causas de no cumplimiento donde nos refleja los responsables según nuestro análisis de restricciones, donde se observa que el mayor porcentaje de no cumplimiento lo tiene el subcontratista teniendo un 56% del total, siguiendo el área administrativa con 22%, mientras que el residente y el prevencionista comparten el 11% restante.

**Figura 50**

*Área donde se generaron las causas de no cumplimiento*



*Nota.* Elaboración Propia

La Tabla 31 representa una comparación entre las cantidades ejecutadas según lo especificado en el contractual, lookahead y el primer valorizado. Esta comparación resalta diferencias significativas en las cantidades ejecutadas, las cuales son atribuibles a diversos factores, entre los cuales se destacan la gestión deficiente en la asignación de recursos y la falta de personal operativo, entre otros.

La tabla detalla las partidas que se llevarán a cabo a lo largo de todo el proyecto, incluyendo las cantidades totales de movimiento de tierra siendo un 1,122,850.01 m<sup>3</sup>, junto con sus precios unitarios correspondientes. Además, se presenta una comparativa entre lo contractualmente acordado para el primer mes, lookahead y el primer valorizado, teniendo en cuenta el progreso realizado en el transcurso de un mes.

**Tabla 31**

*Comparativo del metrado y costo del contractual, lookahead y valorizado*

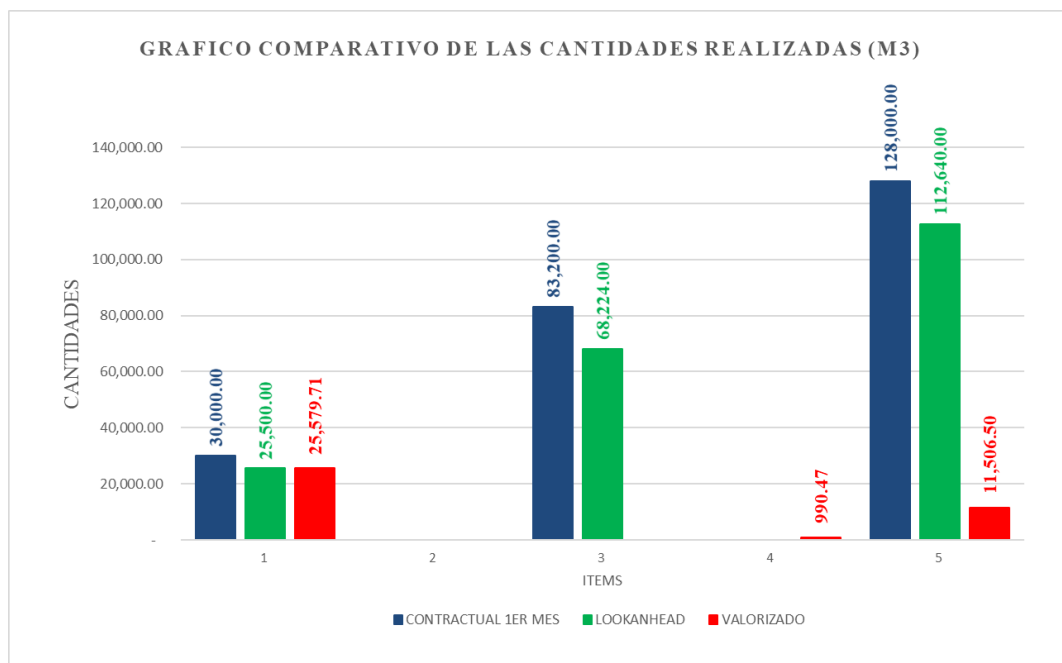
ÍTEM	CONCEPTO	UNID	CANT	P.U.	PARCIAL	CONTRACTUAL 1ER MES		LOOKAHEAD		VALORIZADO	
						CANT	PARCIAL	CANT	PARCIAL	CANT	PARCIAL
	CONTRATO PRINCIPAL										
	PROCESOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA										
1	RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE ZONAS 2028 & 2035. Con eliminación de bolonería	m³	178,102.84	8.16	S/ 1,453,319.20	30,000.00	S/ 244,800.00	25,500.00	208,080.00	25,579.71	208,730.43
2	RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE CANTERAS ZONAS 13 Y 8. Con eliminación de bolonería	m³	346,905.58	7.37	S/ 2,556,694.11						
3	RELLENO TIPO A CORONA PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8	m³	113,957.86	13.17	S/ 1,500,825.02	83,200.00	S/ 1,095,744.00	68,224.00	898,510.08		
4	RELLENO TIPO C PROCEDENTE DE ZONAS 2028 & 2035	m³	243,179.73	6.27	S/ 1,524,736.91					990.47	6,210.25
5	RELLENO DE MATERIAL C-D EN CANTERA ZONA 8	m³	240,704.00	5.27	S/ 1,268,510.08	128,000.00	S/ 674,560.00	112,640.00	593,612.80	11,506.50	60,639.23
TOTAL						241,200.00	S/ 2,015,104.00	206,364.00	S/ 1,700,202.88	38,076.68	S/ 275,579.91
PRODUCTIVIDAD								85.56%		15.79%	
DIFERENCIA DE PRODUCTIVIDAD ENTRE LOOKAHEAD Y VALORIZADO											69.77%
COMPARTIVO DE MONTOS											
DIFERENCIA DE MONTO ENTRE CONTRUAL Y LOOKAHEAD										S/ 314,901.12	
PORCENTAJE LOOKAHEAD										84.37%	
DIFERENCIA DE MONTO ENTRE CONTRUAL Y VALORIZADO										S/ 1,739,524.09	
PORCENTAJE VALORIZADO										13.68%	
DIFERENCIA ENTRE PORCENTAJE LOOKAHEAD Y VALORIZADO										70.70%	

Nota. Elaboración Propia

En la Figura 51, se presenta una comparativa de la cantidad de trabajo ejecutado en el lapso de un mes. El contrato original establecía una meta de 241,200.00 m3. Utilizando la herramienta Lookahead, se logró planificar 206,364.00 m3, por otro lado, el primer valorizado arrojó una cantidad de 38,076.91 m3.

**Figura 51**

Gráfico comparativo de las cantidades realizadas



Nota. Elaboración Propia

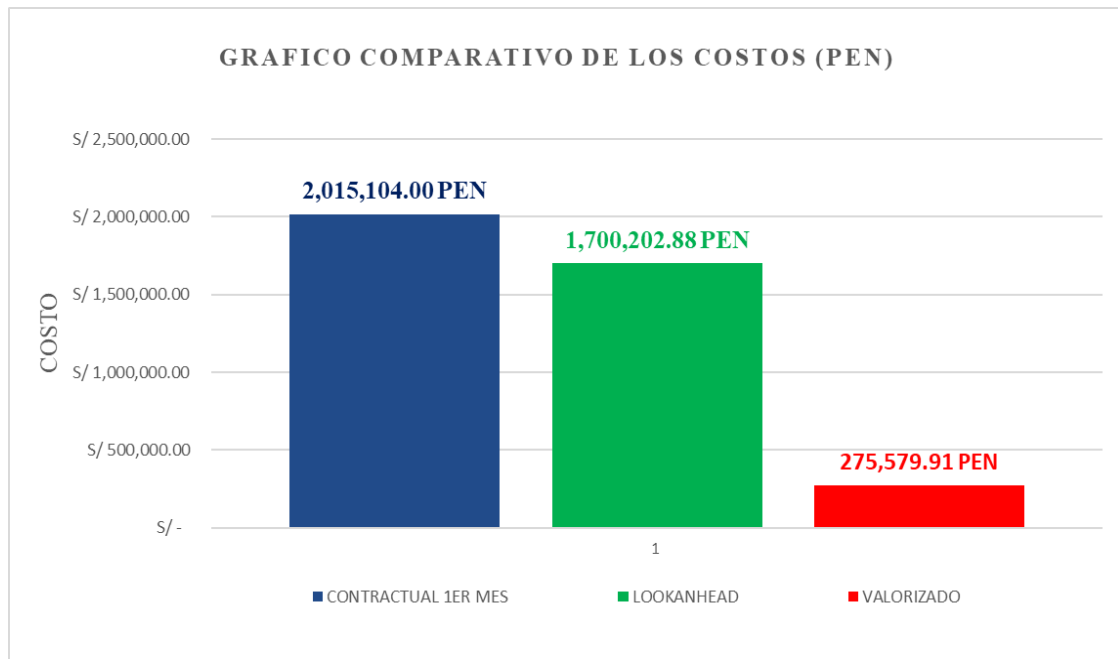


En la Figura 52 resume los montos totales correspondientes a los aspectos contractuales, Lookahead y la primera valorización. Inicialmente, el contrato original estipuló un monto de S/ 2,015,104.00 como valor referencial.

Según los datos obtenidos a través de la herramienta Lookahead, el monto alcanzado fue de S/ 1,700,202.88, lo que representa un desvío respecto al contrato original de S/ 314,901.12. Por otro lado, la primera valorización produjo un monto de S/ 275,579.90, lo que significa una diferencia de S/ 1,739,524.09 en comparación con el contrato original.

**Figura 52**

*Gráfico comparativo de los costos*



*Nota.* Elaboración Propia

#### **4.1.2. Resultado del objetivo específico 2**

La Tabla 32 representa el comparativo entre el precio unitario promedio entre abril de 2022 a marzo de 2023 entre el precio del presupuesto por categoría, teniendo en la categoría Ayudante de topografía y capataz una diferencia negativa de 13.57% y 12.12% según el precio unitario del presupuesto respectivamente su categoría. Sin embargo, tenemos una diferencia positiva en la mayoría de la categoría siendo los operadores con las mayores diferencias positivas que va del 21,34% al 14.86%, excluyendo al operador de motoniveladora teniendo una diferencia positiva de 1.06%. Realizando una comparativa entre el precio presupuesto y real, se obtiene un margen positivo de S/174,728.03. Este margen del recurso es un aporte positivo a las partidas generales del proyecto.

**Tabla 32**

*Comparativa del Precio real H.H. vs Precio presupuesto*

DESCRIPCION	REAL		DIFERENCIA	% DIFERENCIA	TOTAL HH ACUMA MAR'23	PRESUPUESTO	COSTO REAL
	P.UNIT PROM ABR A MAR'23 (S/)	PRECIO PRESUPUESTO (S/)				MONTO ACUM A MAR'23	MONTO ACUM A MAR'23
AYUDANTE DE TOPOGRAFIA	19,75	17,39	-2,36	-13,57%	58.212,00	1.012.306,68	1.149.647,49
CAPATAZ	27,97	24,95	-3,02	-12,12%	21.121,00	526.968,95	590.842,61
CONTROLADOR	18,85	19,85	1,00	5,03%	5.182,00	102.862,70	97.686,36
MECANICO	23,32	24,95	1,63	6,55%	4.278,50	106.748,58	99.755,47
NIVELADOR	18,66	19,85	1,19	6,00%	17.265,00	342.710,25	322.133,53
OFICIAL	18,76	19,85	1,09	5,48%	43.468,00	862.839,80	815.514,30
OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	25,45	30,00	4,55	15,18%	18.336,00	550.080,00	466.578,22
OPERADOR DE EXCAVADORA	25,54	30,00	4,46	14,86%	9.037,00	271.110,00	230.818,37
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	29,68	30,00	0,32	1,06%	18.896,00	566.880,00	560.863,98
OPERADOR DE RODILLO	25,53	30,00	4,47	14,91%	27.578,00	827.340,00	703.974,00
OPERADOR DE TRACTOR	23,60	30,00	6,40	21,34%	1.394,00	41.820,00	32.895,05
SOLDADOR	24,34	24,95	0,61	2,43%	1.671,00	41.691,45	40.677,89
TOPOGRAFO	23,38	24,95	1,57	6,28%	20.897,00	521.380,15	488.623,25
						<b>5.774.738,56</b>	<b>5.600.010,52</b>

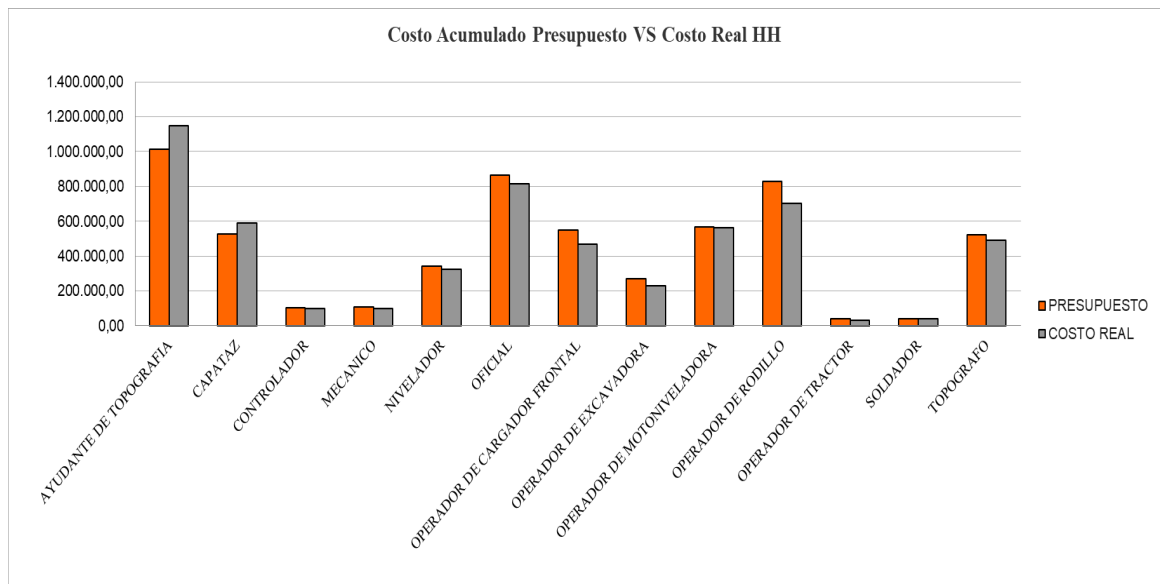
<b>RESULTADO</b>	<b>174.728,03</b>
------------------	-------------------

*Nota.* Elaboración Propia

Se ha revisado el análisis del recurso HH vs el ppto, con el fin de analizar la brecha incluyendo el incremento de la tabla salarial por categoría, observando en la Figura 53 que la mayor brecha existe en las categorías de Ayudante de topografía, capataz y los operadores de maquinarias.

**Figura 53**

*Costo Acumulado presupuesto vs Costo real H.H.*



*Nota.* Elaboración Propia

### 4.1.3. Resultado del objetivo específico 3

La Tabla 33 proporciona un análisis de los imprevistos que pueden surgir durante el proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de las pistas de aeropuerto. Cada imprevisto se define claramente y se identifican las amenazas asociadas, seguido de estrategias específicas de respuesta tanto para mitigar las amenazas como para aprovechar las oportunidades potenciales.

**Tabla 33**

*Tabla de desarrollo de estrategias de respuesta para mitigar los imprevistos*

ITEM	Imprevisto	Definición del Imprevisto	Causas (Identificadas)	Estrategia de Respuesta para mitigar las Causas	Oportunidades (Identificadas)	Estrategia de Respuesta a Oportunidades	Responsable de Ejecutar las medidas
1.00	Fallos en las maquinarias	Interrupción no planificada en el funcionamiento de maquinarias, lo que puede afectar la productividad y la seguridad.	Falta de mantenimiento	Establecer planes de mantenimiento preventivo para equipos.	Identificar áreas donde la eficiencia de las máquinas puede ser mejorada.	Formar un equipo para explorar formas de maximizar la disponibilidad y eficiencia de las máquinas.	Ing. Mecánico
			Falta de check list	Realizar e implementar un check list que tiene firmado por el mecánico, operario y el Ing. residente.	Identificar oportunidades para optimizar el proceso de mantenimiento.	Desarrollar una aplicación móvil para facilitar el registro y seguimiento de las revisiones de mantenimiento.	Ing. Residente Ing. Mecánico
			Mal uso de la maquinaria	Realizar capacitaciones, solicitar personal calificado, que cuenten con experiencia certificada.	Identificar oportunidades para mejorar la capacitación del personal.	Crear un programa de formación continuo con certificación para los operadores de maquinaria.	Operario certificado
2.00	Alto Tránsito Vehicular	Situación en la que se enfrenta un alto volumen de tráfico vehicular en una determinada área, lo que puede causar congestión, accidentes y retrasos.	Congestión y retrasos en el transporte.	Desarrollar planes de gestión del tráfico y sistemas de transporte público eficientes.	Implementar transportes para los colaboradores.	Invertir en infraestructuras de transporte y opciones de movilidad.	Ing. Gerente de Proyectos
			Aumento del riesgo de accidentes de tráfico.	Refuerzo de la seguridad vial, mejora de la infraestructura vial y apoyo a la educación vial.	Potencial para la generación de ingresos a través de servicios de transporte.	Fomentar el uso compartido de vehículos y el transporte público.	Ing. Gerente de Proyectos
			Falta de vías auxiliares	Ampliación y mejora de la infraestructura vial, fomento de la movilidad multimodal	Reducción de la huella de carbono.	Promocionar la adopción de vehículos eléctricos y otras tecnologías limpias.	Ing. Gerente de Proyectos

3.00	Sobre Costos de Combustible	Incremento inesperado en los costos de combustible que puede afectar negativamente los presupuestos y la rentabilidad de las operaciones.	Volatilidad en los precios del petróleo y combustibles	Monitorear y gestionar de cerca los precios de los combustibles.	Mayor eficiencia energética y reducción de costos operativos.	Invertir en tecnologías y prácticas de eficiencia energética.	Ing. Jefe Oficina Técnica
			Aumento de los costos de operación y transporte.	Implementar prácticas de gestión de flotas más eficientes.	Transición a fuentes de energía más limpias y sostenibles.	Explorar fuentes renovable y alternativas.	Ing. Jefe Oficina Técnica
4.00	Cambios Meteorológicos	Cambios inesperados o extremos en las condiciones climáticas.	Eventos meteorológicos inusuales	Monitoreo constante de los pronósticos climáticos y ajustes en el cronograma del proyecto.	Desarrollar soluciones climáticas resilientes. Promover la concienciación sobre el cambio climático.	Implementar tecnologías y prácticas de adaptación al cambio climático	Ing. Jefe Oficina Técnica
			Cambios climáticos extremos	Establecer planes de emergencia para eventos climáticos extremos	Promover la concienciación sobre el cambio climático.	Llevar a cabo campañas de educación pública y sensibilización sobre el cambio climático y sus efectos.	Ing. Jefe Oficina Técnica
5.00	Paralización de trabajo por presencia restos arqueológicos	Descubrimiento de artefactos o evidencia arqueológica en el sitio de construcción.	Daños durante excavaciones	Realizar estudios arqueológicos antes de proyectos de construcción	Investigación y preservación del patrimonio cultural	Colaborar con instituciones arqueológicas y culturales para realizar investigaciones y preservación adecuada	Ing. Residente
			Requisitos legales y regulaciones	Cumplir con las regulaciones de preservación del patrimonio	Colaboración con la comunidad local	Involucrar a la comunidad local en proyectos de conservación y promoción del patrimonio arqueológico	Ing. Residente
6.00	Deslizamiento de taludes	Movimiento no controlado de tierra o rocas en un talud, pendiente o ladera, que puede resultar en daños a estructuras, infraestructuras o personas.	Terreno inestable	Realizar estudios geotécnicos y geológicos detallados para comprender las características del terreno y su comportamiento. Diseñar sistemas de drenaje y refuerzo de taludes según las condiciones identificadas.	Identificar áreas donde la topografía puede ser aprovechada.	Formar un grupo para explorar cómo maximizar los beneficios de una topografía favorable.	Ing. Geotécnico
			Proceso deficiente de excavación	Mejorar los procesos de excavación y asegurar que se sigan las prácticas adecuadas.	Identificar oportunidades para optimizar los métodos de excavación y mejorar la productividad.	Implementar un programa de mejora continua en los procesos de excavación, buscando eficiencia y seguridad.	Ing. Geotécnico Ing. Producción
			Factor climático (lluvias) y natural (sismo)	Monitorear las condiciones climáticas y geológicas y tomar medidas preventivas en caso de pronósticos adversos.	Identificar oportunidades para implementar soluciones de infraestructura resilientes a eventos climáticos y geológicos.	Desarrollar diseños que minimicen los impactos de eventos climáticos y geológicos.	Ing. Jefe Oficina Técnica Ing. Producción

7.00	Daño a la capa de la sub base	Deterioro de capa de la sub de las pistas de aeropuerto debido a factores externos.	Cambios del nivel freático	Implementar sistemas de monitoreo del nivel freático	Uso sostenible del recurso hídrico subterráneo	Implementar prácticas de gestión sostenible del agua subterránea y recarga de acuíferos	Ing. Jefe Oficina Técnica Ing. Residente
			Falta del sistema de drenaje adecuado	Diseñar e instalar sistemas de drenaje efectivos	Hacer protección contra inundaciones	Diseñar sistemas de drenaje y protección contra inundaciones adaptados a las condiciones locales	Ing. Jefe Oficina Técnica Ing. Residente
8.00	Daños a Tuberías y Cables Existentes	Posibilidad de dañar tuberías y cables existentes durante proyectos de construcción o excavación, lo que puede resultar en interrupciones de servicios, costos adicionales y problemas de seguridad.	Daños a infraestructuras subterráneas no identificadas previamente.	Realizar estudios de localización de infraestructura subterránea antes de iniciar cualquier proyecto.	Reducción de costos y tiempos de proyecto al evitar daños.	Implementar tecnologías de mapeo y localización avanzadas.	Ing. Residente
			Errores en la planificación de rutas y excavación.	Establecer procedimientos de planificación y seguimiento detallados para evitar excavaciones accidentales.	Cumplimiento de regulaciones y normativas de seguridad.	Desarrollar planes de respuesta a emergencias y protocolos de seguridad.	Ing. Residente
			Incumplimiento de regulaciones de seguridad.	Capacitar al personal en normativas de seguridad y supervisar su cumplimiento.	Fortalecimiento de la reputación y relaciones con partes interesadas.	Comunicar de manera efectiva las medidas de prevención a las partes interesadas.	Ing. Residente

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 34 proporciona un análisis de los errores humanos que pueden surgir durante el proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base de las pistas de aeropuerto. Cada error humano se define claramente y se identifican las amenazas asociadas, seguido de estrategias específicas de respuesta tanto para mitigar las amenazas como para aprovechar las oportunidades potenciales.

**Tabla 34**

*Tabla de desarrollo de estrategias de respuesta para mitigar los errores humanos*

ITEM	Error humano	Definición del error humano	Causas (Identificadas)	Estrategia de Respuesta a para prevenir las causas	Oportunidades (Identificadas)	Estrategia de Respuesta a Oportunidades	Responsable de Ejecutar las medidas
1.00	No existencia de plan de contingencia	Ausencia de un plan estructurado para abordar situaciones imprevistas, lo que puede llevar al caos y la indecisión en momentos de crisis.	Falta de antecedentes de eventos adversos	Desarrollar un plan de contingencia detallado que aborde diversos escenarios posibles.	Mejorar la preparación y la capacidad de respuesta ante situaciones	Fortalecer las habilidades de los equipos de respuesta mediante capacitación constante y evaluaciones de desempeño.	Ing. SSOMA
			Incapacidad para coordinar una respuesta efectiva en caso de emergencia	Implementar ejercicios de simulación para evaluar y mejorar la respuesta.	Establecer protocolos de comunicación claros y eficaces en momentos de crisis.	Establecer canales de comunicación redundantes y definir roles y responsabilidades específicos durante situaciones de crisis.	Ing. SSOMA

2.00	Incidentes Laborales	Ocurrencia de accidentes y lesiones en el entorno laboral, poniendo en peligro la seguridad y el bienestar de los trabajadores.	Epps no certificados	Mejorar la formación sobre el uso adecuado de Epps y garantizar que estén certificados.	Mejorar la conciencia y la cultura de seguridad en el lugar de trabajo.	Implementar programas de capacitación y campañas de concienciación sobre seguridad laboral.	Ing. SSOMA
			Sobre confianza y fatiga	Fomentar pausas y descansos regulares para prevenir fatiga.	Fortalecer la formación y la supervisión de los trabajadores.	Establecer sistemas de retroalimentación y reconocimiento para fomentar el cumplimiento.	Ing. SSOMA
			Mal uso de epps	Reforzar las políticas de uso de epps y realizar seguimiento	Mejorar la preparación y la capacidad de respuesta ante situaciones de incidentes	Realizar ejercicios de simulación de incidentes para entrenar a los trabajadores en respuesta a emergencias	Ing. SSOMA
3.00	Evaluaciones de riesgos deficientes	Falta de identificación adecuada de riesgos potenciales en el proceso de ejecución del movimiento de tierra, lo que aumenta la probabilidad de imprevistos.	Falta de análisis de riesgo	Implementar procesos de análisis de riesgo en todas las etapas del proyecto.	Mejorar la toma de decisiones informadas basadas en evaluaciones de riesgos sólidas	Fomentar una cultura de comunicación abierta y colaborativa para compartir conocimientos sobre riesgos.	Ing. SSOMA Ing. Residente
			Falta de herramientas efectivas de evaluación	Adquirir y emplear herramientas de evaluación de riesgos eficientes y adecuadas.	Fortalecer la identificación y mitigación proactiva de riesgos.	Desarrollar un sistema de seguimiento de riesgos y establecer indicadores clave de rendimiento.	Ing. SSOMA Ing. Residente
4.00	Deficiente sistemas de gestión	Fallos en la coordinación y comunicación interna entre los departamentos de proyectos generando pérdidas y retrasos en el proyecto.	Falta de comunicación sobre nuevos sistemas	Implementar procesos de comunicación claros para informar a todos los departamentos sobre nuevos sistemas.	Mejorar la eficiencia operativa y la colaboración mediante la implementación de sistemas de gestión actualizados.	Fomentar una cultura de comunicación abierta y colaborativa para compartir conocimientos sobre nuevas soluciones.	Gerente de Proyectos Ing. Residente
			Falta de coordinación interdepartamental.	Establecer canales de comunicación efectivos y promover la colaboración entre departamentos.	Implementar soluciones innovadoras en la gestión.	Fomentar la creatividad y la participación en equipos multidisciplinarios para desarrollar e implementar nuevas soluciones.	Ing. Jefe Oficina Técnica
5.00	Planificación detallada insuficiente	Falta de claridad en los objetivos y pasos a seguir en el proceso de ejecución del movimiento de tierra, debido a una planificación insuficiente.	Falta de conocimientos profundo del proceso	Adquirir o desarrollar el conocimiento necesario para comprender a fondo el proceso y sus requerimientos.	Mejorar la asignación de recursos y el seguimiento del proyecto.	Identificar y utilizar herramientas para la gestión de recursos y la supervisión del progreso.	Gerente de Proyectos Ing. Residente
			Falta de identificación de los requisitos	Realizar un análisis exhaustivo para identificar todos los requisitos y expectativas del proyecto.	Identificar áreas de mejora en los procesos actuales.	Analizar los procesos existentes para identificar oportunidades de optimización y eficiencia.	Gerente de Proyectos Ing. Residente

6.00	Baja coordinación entre los diferentes equipos y departamentos de ingeniería	Falta de colaboración efectiva y comunicación fluida entre los diversos departamentos de ingeniería, lo que impacta negativamente en la eficiencia y resultados.	Falta de reuniones entre las diferentes áreas	Establecer reuniones regulares entre los equipos y departamentos para compartir información y alinear objetivos.	Identificar áreas donde se pueden aprovechar las fortalezas de cada equipo para lograr la cooperación y coordinación entre las áreas.	Fomentar la colaboración a través de talleres y actividades conjuntas entre los equipos de diferentes áreas.	Gerente de Proyectos Ing. Residente Jefe de Oficina Técnica
			Comunicación fragmentada	Implementar herramientas de comunicación eficaces, como plataformas de colaboración en línea y sistemas de gestión de proyectos.	Identificar oportunidades para mejorar la eficiencia de la comunicación interna.	Desarrollar un plan de comunicación interna que promueva la transparencia y el intercambio fluido de información.	Ing. Jefe de Oficina
7.00	Personal obrero no calificado	Presencia de trabajadores con falta de habilidades y conocimientos necesarios, generando retrasos en la ejecución de la partida y retrabajos.	Mala contratación del personal	Establecer procesos rigurosos de selección y contratación que incluyan pruebas de habilidades y entrevistas técnicas.	Identificar oportunidades para brindar formación y capacitación continua a los trabajadores.	Crear un programa de desarrollo de habilidades que permita a los trabajadores mejorar su formación.	RR.HH. Ing. Producción
			Poca capacitación	Implementar programas de capacitación regulares y específicos para llenar las brechas de conocimiento.	Identificar oportunidades para fomentar un ambiente de aprendizaje continuo en el sitio de trabajo.	Establecer un sistema de reconocimiento y recompensas para aquellos trabajadores que busquen mejorar sus habilidades a través de la capacitación.	Ing. Residente Ing. SSOMA Operario certificado
			Falta de recursos para capacitadores	Establecer alianzas con instituciones relacionadas con el sector de la construcción, para acceder a recursos de capacitación.	Identificar oportunidades para aprovechar el conocimiento interno y la experiencia de los trabajadores más experimentados.	Fomentar la mentoría entre trabajadores experimentados y nuevos, creando un ambiente de transferencia de conocimiento.	Gerente de Proyectos
8.00	Información desactualizada	Datos o información que no refleja la situación actual o los cambios recientes referentes al diseño de los taludes y el diseño de la sub base.	Falta de proceso formal para revisión	Establecer un proceso de revisión periódica de la información y documentación para asegurar su actualización.	Identificar oportunidades para mejorar la gestión de la documentación y la actualización de registros.	Implementar sistemas de gestión de documentación que faciliten la revisión y actualización regular de la información.	Ing. Jefe de Oficina Técnica
			Falta de comunicación sobre actualizaciones	Establecer canales de comunicación claros para informar a todos los involucrados sobre las actualizaciones relevantes.	Identificar oportunidades para optimizar la comunicación de cambios y actualizaciones.	Diseñar un sistema de alertas y notificaciones que informe de manera eficiente sobre cambios importantes en la información y procesos.	Ing. Jefe de Oficina Técnica

*Nota.* Elaboración Propia

Este enfoque busca abordar aspectos cruciales para garantizar el éxito del proceso de movimiento de tierra. La variedad de imprevistos y errores humanos abordados, desde la información desactualizada, la baja coordinación entre equipos hasta los fallos en las maquinarias, destaca la complejidad inherente a los proyectos de infraestructura y la importancia de anticiparse a estos posibles imprevistos y errores humanos.

Las estrategias de respuesta propuestas reflejan un enfoque proactivo hacia la gestión de riesgos y la búsqueda de oportunidades. Al promover la comunicación, colaboración, capacitación y uso eficiente de recursos, se busca no solo minimizar los imprevistos, sino también maximizar los beneficios y el rendimiento del proyecto.

En la Tabla 35 se muestra el resumen de los objetivos y resultados de la investigación.

**Tabla 35**

*Tabla resumen de los resultados de la investigación*

<b>RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
Se llegó a mejorar el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto optimizando la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión.	
<b>OBJETIVOS</b>	<b>RESULTADO</b>
1-Analizar las restricciones en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto para defensa del cronograma contractual con el fin de mejorar la productividad.	Al analizar las restricciones con la implementación de la herramienta Lookahead y tomar medidas correctivas, se logró un 85% del porcentaje de plan cumplido, con una mejora de productividad del 69.77% en comparación con el valorizado.
2-Analizar las horas hombres por categoría en el proceso de movimiento de tierra en la pistas de un aeropuerto con el fin de hallar la brecha presupuestal del costo real contra el presupuesto base del proyecto.	El análisis de horas hombre reveló una pérdida del 12.84% en algunas categorías y una ganancia promedio del 9.01% en otras, resultando en una ganancia total de S/ 174,728.03, equivalente al 3.03% del presupuesto.
3-Evaluar los imprevistos y errores humanos identificados en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto con el fin de desarrollar estrategias de respuesta para su mitigación.	Se realizó la evaluación para los 8 imprevistos y 8 errores humanos identificados, donde se obtuvo como resultado mediante el diagrama de Ishikawa, la identificación de las causas por las que llegan a ocurrir, procediéndose con el análisis para su clasificación de acuerdo a su prioridad en base su probabilidad e impacto de ocurrencia y siguiendo los lineamientos de la metodología PRAM se logró desarrollar las estrategias de respuesta, asignando el responsable encargado ejecutar dichas medidas de mitigación.

*Nota.* Elaboración Propia

## **4.2 Análisis o discusión de resultados**

### **4.2.1. Referente al objetivo específico 1**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 30, donde se muestra resultados del análisis de restricciones derivadas de la anticipación con herramienta Lookahead donde luego de haberse encontrado las restricciones, se hizo lo posible en levantarlas con las



medidas correctivas planteadas, lo cual nos permitió llegar a un 85% del porcentaje de plan cumplido de las actividades programadas.

Se encontró resultados similares con Gastelo (2022) en su tesis “Implementación del sistema Last Planner en el proyecto edificio multifamiliar Kenko” siendo un comparativo de 7 semanas, el promedio del nivel porcentaje de plan cumplido fue el 80%, situándolo según su Tabla 12, en el rango de bueno.

Del mismo modo se encontró similitud con Oroz (2015), en su tesis “Aplicación de herramienta de planeamiento lookahead en construcción de proyecto inmobiliario multifamiliar de 10 pisos”, luego de aplicar la herramienta lookahead y realizar el análisis de restricciones logró un nivel de implementación medido por el porcentaje de plan cumplido de un 94%, el cual también es superior al 80% que categoriza en el rango de bueno. Esto quiere decir que el análisis de restricciones tuvo un impacto significativo en la mejora de la eficiencia de la producción de obra y permitió cumplir en su mayoría las actividades programadas del cronograma contractual.

De acuerdo a nuestros resultados de la Tabla 31, la productividad entre el contractual y el lookahead fue del 85.56% y respecto al valorizado fue de 15.79%, teniendo como resultado final entre el comparativo de la programación realizada con la herramienta lookahead respecto al valorizado, se logró mejorar la productividad en un 69.77%.

Estos resultados se complementan con lo obtenido por Sanchez, Chang y Perez (2015), en su tesis “Aplicación de lean construction para la ejecución de un proyecto de vivienda. caso práctico Edificio Maurtua III”. En su investigación, lograron una significativa mejora en la productividad del 26%. Este incremento se evidencio en la reducción de 66 días en el plazo de entrega del proyecto. Estos resultados respaldan la efectividad del uso de la herramienta lookahead para mejorar la productividad en el avance de las partidas ejecutadas, lo que se refleja en una mayor valorización. Además, esta herramienta también demuestra su capacidad para reducir el plazo de entrega en proyectos similares.

#### ***4.2.2. Referente al objetivo específico 2***

De acuerdo a los resultados obtenidos de la Tabla 32, donde se aplicó el análisis de horas hombres con la herramienta resultado operativo, se obtuvo el comparativo del precio real HH contra el precio del presupuesto, lo cual nos dio como resultado una diferencia negativa en la categoría de ayudante de topografía y capataz, siendo un promedio de 12,84% de pérdida, por otro lado, en las categorías restantes se tuvo una diferencia

positiva siendo un promedio de 9,01% de ganancia, finalmente tenemos un margen de ganancia de S/ 174,728.03 representando el 3.03% del presupuesto.

Se encontró resultados similares con el estudio de Rodríguez (2018) en su tesis titulada “Control de costos mediante la aplicación de la metodología resultado operativo en la obra edificio multifamiliar Catalina”, quien logró un margen positivo del 8.21% al emplear la herramienta de resultado operativo para el control de costos nos muestra que este resultado es una indicación razonable del escenario probable al finalizar el proyecto. Esto nos ayuda a comprender mejor los factores que pueden fortalecer o debilitar el margen a medida que el proyecto avanza.

#### ***4.2.3. Referente al objetivo específico 3***

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 33 y Tabla 34, donde se muestran los 8 imprevistos y 8 errores humanos identificados, cada uno de ellos con dos o tres posibles orígenes, estos en su mayoría son diferentes en comparación con lo encontrado por Purizaca y Suray (2020) en su tesis titulada "Gestión de los riesgos con el fin de controlar imprevistos durante la ejecución de movimiento de tierras para obras de edificación", quien hace referencia que identificó 22 imprevistos con dos o tres posibles causas. Con estos resultados, se hace más amplio el panorama de los imprevistos y errores humanos que pueden ocurrir durante la ejecución del movimiento de tierra.

Respecto a los resultados se muestran en las Tabla 33 y Tabla 34, donde logra desarrollar los planes de respuesta para mitigar los 8 imprevistos y 8 errores humanos identificados durante el proceso de ejecución del movimiento de tierra para la sub base de las pistas de un aeropuerto siguiendo los lineamientos de la guía PRAM.

Estos resultados guardan relación con la tesis Purizaca y Suray (2020), hasta el punto también que se llegó a proponer estrategias para la mitigación de los imprevistos, pero en el presente trabajo investigación en el cual se sigue con los lineamientos de la guía PRAM, nos permite identificar las oportunidades de mejora dentro las “estrategias de respuestas de mitigación” con la finalidad de tener un mejor panorama general de los imprevistos y errores humanos, permitiendo desarrollar las “estrategias de respuesta a estas oportunidades” y esto se refiere a las acciones que se pueden realizar para aprovechar las oportunidades identificadas y maximizar sus beneficios para el proceso de ejecución del movimiento de tierra.

## CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en cada uno de los objetivos planteados respaldan esta conclusión. En primer lugar, al analizar las restricciones en el proceso del movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto y trabajar en la mejora de la productividad mediante la implementación de la herramienta Lookahead, se logró un 85% de porcentaje de plan cumplido y una mejora de productividad del 69.77%. Esto indica que la planificación anticipada y la gestión adecuada de las restricciones son esenciales para el éxito en la ejecución en proyectos de movimiento de tierra.
2. En segundo lugar, el análisis de las horas hombre por categoría reveló tanto pérdidas como ganancias, pero en general, se logró una ganancia total significativa en comparación con el presupuesto base del proyecto. Esto demuestra que la implementación de herramienta del resultado operativo puede ser clave para mejorar la eficiencia y el rendimiento durante la ejecución de la sub base.
3. Finalmente, la evaluación de imprevistos y errores humanos, junto con el desarrollo de estrategias de respuesta para su mitigación, afirma que la aplicación de metodologías de gestión, como metodología PRAM, puede ayudar a identificar y abordar problemas potenciales de manera proactiva, minimizando así su impacto en el proyecto.
4. Basado en los resultados obtenidos en el desarrollo de esta investigación, podemos afirmar que nuestra hipótesis general se ha comprobado de manera positiva. La mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para pistas de aeropuerto, a través de la implementación de metodologías de gestión, ha demostrado ser una estrategia efectiva para optimizar la ejecución de la sub base. Estos hallazgos tienen un alto valor tanto teórico como práctico en la gestión de proyectos de movimiento de tierra.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda incorporar la herramienta lookahead en proyectos de construcción similares en el futuro. Esta herramienta demostró ser efectiva en la identificación temprana de restricciones, la mejora de la planificación y el aumento de la productividad en el proyecto estudiado. Para lo cual se sugiere lo siguiente: Integrar la planificación lookahead en las fases iniciales del proyecto, mantener un seguimiento continuo y adaptar el plan según sea necesario, mantener registros detallados y realizar análisis comparativos entre proyectos que utilizaron la herramienta lookahead y aquellos que no lo hicieron. La implementación de estas recomendaciones permitirá a las empresas de construcción mejorar la eficiencia, la gestión de recursos y el cumplimiento de plazos en proyectos futuros, contribuyendo así al éxito general de las operaciones.

2. Se recomienda realizar un análisis detallado y periódico del Resultado Operativo en horas hombre a lo largo de todo el proyecto, en lugar de realizarlo únicamente al final del mismo. Esto permitirá una gestión más efectiva de los recursos humanos y una toma de decisiones más ágil y precisa. Al realizar análisis regulares, se pueden identificar desviaciones significativas entre el rendimiento real y el planificado en una etapa temprana. Esto ayuda a prevenir que los proyectos se desvíen significativamente del presupuesto o del cronograma debido a problemas laborales no detectados. El análisis periódico del Resultado Operativo en horas hombre permite una asignación más eficiente de los recursos humanos. Si se observa que ciertas áreas del proyecto requieren más mano de obra de la planificada, se pueden tomar decisiones sobre la contratación o redistribución de personal de manera oportuna.

3. Se recomienda que, en el proceso de evaluación de imprevistos, se cuente con profesionales con la experiencia necesaria para ofrecer un análisis de la probabilidad e impacto de los imprevistos, permitiendo así su clasificación conforme a la prioridad que representan. En relación al proceso de planificación de respuesta, se aconseja la elaboración de estrategias que se ajusten a las necesidades de los procesos del movimiento de tierra, de modo que no generen costos excesivos en comparación con los posibles costos que surgirían si el imprevisto se materializa. Además, se recomienda asignar responsabilidades al personal de obra, asegurando que estén capacitados y seleccionados en función de su conocimiento. Por último, se recomienda mantener una supervisión

constante de los imprevistos, con el objetivo de ejercer un control más riguroso sobre ellos durante la ejecución del proceso de movimientos de tierra.

4. Se recomienda adoptar una estrategia integral de gestión de proyectos en futuras iniciativas de construcción similar. Esto incluye la incorporación de la herramienta lookahead desde las fases iniciales del proyecto, seguida de un monitoreo continuo y la adaptación del plan según sea necesario. Además, llevar a cabo los análisis comparativos entre proyectos que emplearon esta herramienta y aquellos que no lo hicieron. Paralelamente, se sugiere realizar un análisis periódico del Resultado Operativo en horas hombre a lo largo del proyecto para gestionar eficazmente los recursos humanos y tomar decisiones ágiles. Por último, se enfatiza la importancia de contar con profesionales experimentados en la evaluación de imprevistos y la planificación de respuestas, junto con la asignación de responsabilidades y una supervisión constante para controlar eficazmente los imprevistos y errores humanos durante la ejecución del proceso de movimientos de tierra. La implementación de estas recomendaciones contribuirá al éxito general de las operaciones de construcción.

## REFERENCIAS

- Arias Galicia, F. (1976). Introducción a la técnica de investigación en ciencias de la administración y del comportamiento. 3, 144-146. Obtenido de <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/CR.UNA01000156253>
- Bartlett, J., Chapman, C., Close, P., & Karl, D. (2004). *Project Risk Analysis and Management Guide*. APM Publishing Limited. Obtenido de <https://apmv1liverstorage.blob.core.windows.net/legacyimages/pram%20guide%20-%20ma.pdf>
- Bello Lozano, A., & Álvarez Barrios, J. (2015). *Estudio de los rendimientos de maquinaria pesada en los movimientos de tierras, urbanización Coral Lakes y Zona Franca Parque Central [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena, Cartagena-Colombia]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11227/1545>
- Belloso Araujo, L. F. (2021). Rentabilidad en las empresas de construcción y montaje. *Scientia, revista científica multidisciplinaria*, 6(1), 2. Obtenido de <https://doi.org/10.25214/27114406.1055>
- Bustos Maldonado, J., Olmos Hernández, R., & Solas, A. (2006). Gestión de riesgos operacionales en excavación subterránea (equipos y maquinaria de movimiento de tierra) [. *Revista de la Construcción*, 5(1), 11-20. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4255371>
- Campos Villanueva, N. (2017). *Implementación de protocolo triple chequeo de movimiento de tierra en conformidad con el estandar minero [Tesis de pregrado, Universidad Andres Bello, Santiago de Chile-Chile]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/3529>
- Córdova, J., & Alberto, C. (2018). Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(1), 2. doi:10.4067/S0718-50732018000100069
- Falcón, V., Pertile, V., & Ponce, B. (2019). La encuesta como instrumento de recolección de datos sociales : Resultados diagnostico para la intervención en el Barrio Paloma de la Paz (La Olla). *Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación*, 1, 12-24. Obtenido de [https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab\\_eventos/ev.13544/ev.13544.pdf](https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.13544/ev.13544.pdf)

- Faraldo, P., & Pateiro, B. (2013). *Estadística y metodología de la investigación [Tesis de pregrado, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela-España]*. Repositorio institucional. Obtenido de [http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat\\_G2021103104\\_EstadisticaTema1.pdf](http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_G2021103104_EstadisticaTema1.pdf)
- Gastelo Orlandini, V. E. (2022). *Implementación del sistema Last Planner en el proyecto edificio multifamiliar Kenko [Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Piura-Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/5523>
- Gómez Sánchez Serrano, J., Mendoza Chang, D., & Pérez Reymundo, J. (2015). *Aplicación de lean construction para la ejecución de un proyecto de vivienda. Caso práctico "Edificio Maurtua III [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2229>
- Guitérrez Macaya, R. D. (2009). *Elaboración de instructivos para movimientos de tierra masivos en faenas mineras [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcig984e/doc/bmfcig984e.pdf>
- Herrera Acosta, C., Granizo Castillo, O., & Herrera Merino, M. (2020). Importancia de las técnicas e instrumentos de recopilación de datos en la investigación jurídica [Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México-México]. *Instituto de investigaciones Jurídicas*, 433-447. Obtenido de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6350/26.pdf>
- Jimenez Sullcapoma, F., & Quesada Vargas, B. (2021). *Mejora de los procesos constructivos aprovechando los residuos de la construcción y demolición en lima metropolitana [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4761>
- Londoño Londoño, J. (2010). *Maquinaria pesada para movimiento de tierras [Tesis de pregrado, Universidad del Quindío, Quindío-Colombia]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://bdigital.uniquindio.edu.co/handle/001/2986>
- López Rodríguez, A. (2013). *Terrecerías y Movimiento de tierras en la pavimentación del camino en el municipio de san marcos, guerrero [Tesis de pregrado,*

- Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México-México*]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/15241>
- Mattos, A., & Valderrama, F. (2014). *Métodos de planificación y control de obras*. Reverté. Obtenido de <https://www.rib-software.es/pdf/Usar-Presto/Libro-Metodos-de-planificacion-y-control-de-obras.pdf>
- Oroz Tito, C. F. (2015). *Aplicación de herramienta de planeamiento Look Ahead en construcción de proyecto inmobiliario multifamiliar de 10 pisos [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2383>
- Purizaca Lévano, D., & Suray Bereche, J. (2020). *Gestión de riesgos para controlar imprevistos en la ejecución de movimiento de tierras en obras de edificación [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3725>
- Rubio Rodríguez, C. (2014). *Análisis de las necesidades de maquinaria en minas de mineral de hierro a cielo abierto [Tesis de postgrado, Universidad de Oviedo, Oviedo-Colombia]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10651/27945>
- Salas Aguilar, R. (2020). *Propuesta del plan de mantenimiento en el taller de maquinaria pesada de la Empresa Minera Castor, Ancash [Tesis de pregrado, Universidad Continental, Arequipa-Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8683>
- Salas Vidal, J. E. (2019). *Maximizar el ciclo de carguío y acarreo para minimizar el costo de operación en el proyecto de movimiento de tierras de la cantera América en la mina Pierina [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz-Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4062>
- Sanchez Sanchez, A., & Vizcardo Guerra, J. (2016). *Gestión de riesgos en obras de movimiento de movimiento de tierra en la sierra del Perú-Ambito minero [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/620808>
- Santos Sánchez, G. (2017). *Validez y confiabilidad del cuestionario de calidad de vida SF-36 en mujeres con LUPUS, Puebla [Tesis de pregrado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Zaragoza-México]*. Repositorio insitucional. Obtenido de



<https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/tesis/ma/GuadalupeSantosSanchez.pdf>

Tiktin, J. (1997). *Procedimientos generales de construcción* (3 ed.).

Torres Gavidia, C., & Villanueva Valdiviezo, K. (2014). *Diseño y desarrollo de una herramienta para el dimensionamiento óptimo de flotas de movimiento de tierras en obras civiles [Tesis de pregrado, Universidad nacional del santa, Chimbote-Perú]*. Repositorio insitucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14278/1563>

Vásquez Vásquez, G. E. (2018). *Procesos tecnológicos para el movimiento de tierras en pistas y pavimentos [Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Educación, Lima - Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/3477>

Vélez, S., Zapata, J., & Henao, A. (Diciembre de 2018). Gestión de Proyectos: origen, instituciones, metodologías, estándares y certificaciones. *Entre ciencia e Ingeniería*, 12, 24. doi:<https://doi.org/10.31908/19098367.3818>

## ANEXOS

### Anexo A.

*Autorización de consentimiento para realizar la investigación*



### CARTA DE AUTORIZACIÓN

Lima, 15 de agosto de 2023

Por medio de la presente yo, José Abraham Fernández Briceño, Gerente de Proyectos y Operaciones de CONAR Movimientos de Tierra S.A.C. con RUC 20601646278 y domicilio fiscal en Calle Monte Rosa Nro. 128 Dpto. 22. Urb. Chacarilla del Estanque Santiago de Surco - Lima – Lima, le otorgo la presente carta de autorización a los bachilleres Hugo Mitsuo Lopez Mattos y Juan Gerardo Cordova Yacolca, para el uso de datos e información pertinente a la ejecución del proyecto “Expansión del aeropuerto Jorge Chávez WP3” para su trabajo de investigación del programa de tesis de la facultad de Ingeniería de la universidad Ricardo Palma

Sin otro particular.

Atentamente,



Gerente de Proyecto:  
Jorge Fernández Briceño  
DNI: 21458623

## Anexo B.

### Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
Mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para las pistas de un aeropuerto							
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
¿Cómo, la mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto optimiza la ejecución de la sub base utilizando metodologías de gestión?	Proponer mejora del proceso de movimiento de tierra para las pistas de aeropuerto a fin de optimizar la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión.	Mejorando el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto se optimiza la ejecución de la sub base a través de metodologías de gestión.	MOVIMIENTO DE TIERRA	Excavación	-Rendimiento en la maquinaria de excavación	-Total de volumen trabajado (m3)	Método de la investigación
				Traslado y Acopio	-Distancia promedio de traslado -Tiempo de ciclo de traslado	-Distancia total recorrida para el traslado -Cantidad de viajes de traslado	Orientación de la Investigación
				Imprevistos y errores humanos	-Frecuencia de imprevistos y errores humanos	-Encuesta por profesionales según los imprevistos y errores humanos identificados	Enfoque de la investigación
							Cuantitativo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	METODOLOGÍA		Instrumento de recolección de Datos
¿Cómo, al analizar las restricciones en el proceso del movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto para defensa del cronograma contractual mejora la productividad?	Analizar las restricciones en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto para defensa del cronograma contractual con el fin de mejorar la productividad.	Al analizar las restricciones en el proceso del movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto para defensa del cronograma contractual permite mejorar la productividad.	SUB BASE	Compactación	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Recopilación de información de campo</li> <li><b>Objetivo 1</b></li> <li>-Sectorización.</li> <li>-Desglose de Actividades EDT.</li> <li>-Cálculo de Metrados y Rendimientos.</li> <li>-Programación Diaria según Sectorización, Rendimientos y Metrados (Lookahead 4 semanas)</li> <li>-Análisis de Restricciones a 4 Semanas y medidas correctivas.</li> <li>-Cálculo de Porcentaje de Plan Cumplido.</li> <li>-Causas de no cumplimiento.</li> <li>-Comparativo del metrado y costo del contractual, lookahead y valorizado.</li> <li><b>Objetivo 2</b></li> <li>-Reporte mensual de horas hombre trabajadas.</li> <li>-Cálculo de Costo real por meses.</li> <li>-Cálculo de costo promedio real acumulado</li> <li>-Comparativa del Precio real H.H. vs Precio presupuesto</li> <li>-Costo Acumulado presupuesto vs Costo real H.H.</li> <li><b>Objetivo 3</b></li> <li>-Identificación de imprevistos y errores.</li> <li>-Análisis de causa raíz.</li> <li>-Evaluación cualitativa de imprevistos y errores humanos</li> <li>-Evaluación de imprevistos y errores humanos de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia, nivel de impacto y según su prioridad.</li> <li>-Tablas de Desarrollo de estrategias de respuesta para mitigar los imprevistos y errores humanos.</li> </ul>		Instrumento de recolección de Datos
¿Cómo, el análisis de las horas hombres por categoría en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto, permite hallar la brecha presupuestal del costo real contra el presupuesto base del proyecto?	Analizar las horas hombres por categoría en el proceso de movimiento de tierra en la pistas de un aeropuerto con el fin de hallar la brecha presupuestal del costo real contra el presupuesto base del proyecto.	Al analizar las horas hombres por categoría en el proceso de movimiento de tierra en la pistas de un aeropuerto, permite hallar la brecha presupuestal del costo real contra el presupuesto base del proyecto.					Retrospectivo
¿Cómo, el evaluar los imprevistos y errores humanos identificados en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto permite desarrollar estrategias de respuesta para su mitigación?	Evaluar los imprevistos y errores humanos identificados en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto con el fin de desarrollar estrategias de respuesta para su mitigación.	Evaluar los imprevistos y errores humanos identificados en el proceso de movimiento de tierra para las pistas de un aeropuerto permite desarrollar estrategias de respuesta para su mitigación.					Tipo de Investigación
			Descriptiva				
			Nivel de Investigación				
			Aplicativo y descriptivo				
			Diseño de la investigación				
			No experimental Retrospectivo				

Nota. Elaboración Propia

## Anexo C.

### *Formato de Encuesta para el desarrollo de la investigación*

Buenos días Sr(a) somos de la Universidad Ricardo Palma, estamos realizando este presente cuestionario que tiene como título “Mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para las pistas de un aeropuerto”. Con el fin de recopilar información para obtener el título profesional de ingeniero civil. Así mismo, se le pide ser objetivo, honesto y sincero en sus respuestas.

Tesistas: Lopez Mattos, Hugo Mitsuo, Cordova Yacolca, Juan Gerardo.

Esta encuesta deberá ser contestada en función de

las experiencias que haya tenido en la realización de la partida de Movimiento de tierra en proyectos de construcción.

Instrucciones:

Marcar de acuerdo a su opinión, teniendo en cuenta los valores que representa

cada número: a) Nunca, b) Casi nunca, c) Regularmente, d) Casi siempre, e) Siempre.

	<b>PREGUNTAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>IMPREVISTOS</b>					
1	¿Usted con qué frecuencia ha presenciado o experimentado un deslizamiento de taludes en la ejecución de los procesos del movimiento de tierra en un proyecto de construcción?					
2	¿Usted con qué frecuencia ha presenciado o experimentado problemas o fallos en las maquinarias durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?					
3	¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, presenciado o experimentado cambios meteorológicos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?					
4	¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, presenciado o experimentado cambios en el nivel freáticos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?					
5	¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, presenciado o experimentado presencia de restos arqueológicos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?					
6	¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, ha presenciado o experimentado que hayan ocurrido daños a tuberías y cables existentes durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?					
7	¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, se enfrentaron desafíos relacionados con el alto tráfico vehicular en la zona de trabajo?					
8	¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, se incurrieron en sobrecostos en los precios del combustible?					

ERRORES HUMANOS						
1	¿Usted con qué frecuencia ha presenciado o experimentado evaluaciones de riesgos deficientes en el movimiento de tierra para procesos de construcción?					
2	¿Con qué frecuencia en los proyectos de construcción en los que ha participado, no se tenía implementado un plan de contingencia para abordar imprevistos durante la ejecución de los procesos de movimiento de tierra?					
3	¿Usted con qué frecuencia observó la mala utilización de los equipos de protección personal en los trabajos de movimiento de tierra?					
4	¿Con qué frecuencia ha presenciado o experimentado deficiencia en los sistemas de gestión de SSOMA y tuvo que proponer mejoras en los procesos de ejecución del movimiento de tierra para proyectos construcción?					
5	¿En los proyectos que ha trabajado, con qué frecuencia se realizaba la coordinación entre los diferentes equipos y departamentos de ingeniería, para ver los factores que puedan generar imprevistos en el movimiento de tierra?					
6	¿Usted con qué frecuencia, le da el nivel de importancia “esencial” a la capacitación constante para mejorar las habilidades del personal obrero en el movimiento de tierra?					
7	¿Usted con qué frecuencia se encontró en la situación de tener que trabajar con información que no está actualizada en relación al diseño del acabado de la sub base?					
8	¿Con qué frecuencia ha presenciado o experimentado una planificación deficiente de los procesos a seguir en la ejecución en el movimiento de tierra para proyectos de construcción?					

*Nota.* Elaboración Propia

## Anexo D.

### Documento de validación de expertos de instrumentos de investigación

MEJORA DEL PROCESO DE MOVIMIENTO DE TIERRA EN  
LA EJECUCIÓN DE LA SUB BASE PARA LAS PISTAS DE UN  
AEROPUERTO

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

### Documento de validación de expertos de instrumentos de investigación

#### 1. Datos generales

Nombres y Apellidos del Informante: Luis Ccolqui Quilla

Cargo o Institución donde labora: Ing. Residente de Obra / Grupo Sergetic y Technology s.a.c

Título de la investigación: Mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para las pistas de un aeropuerto.

Autor(es) del Instrumento: Cordova Yacolca, Juan Gerardo

Lopez Mattos, Hugo Mitsuo

#### 2. Aspectos de la validación

Indicadores	Criterios	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					100%
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables					100%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología				80%	
4. Organización	Existe una organización lógica					90%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					90%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					90%
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				80%	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y las dimensiones				80%	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					90%
10. Pertinencia	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación					100%
<b>Promedio de Validación</b>						<b>90%</b>

Nota. Elaboración Propia

#### 3. Promedio de valoración ..90%.. y opinión de la aplicabilidad

(.X.) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

(....) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 08 de Setiembre del año 2023.



Luis Ccolqui Quilla  
CIP: 176130  
DNI: 22099526

Documento de validación de expertos de instrumentos de investigación

1. Datos generales

Nombres y Apellidos del Informante: Jorge Fernández Briceño

Cargo o Institución donde labora: Gerente de proyecto / Conar S.A.C.

Título de la investigación: Mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para las pistas de un aeropuerto.

Autor(es) del Instrumento: Cordova Yacolca, Juan Gerardo

Lopez Mattos, Hugo Mitsuo

2. Aspectos de la validación

Indicadores	Criterios	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					90%
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables					90%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología				80%	
4. Organización	Existe una organización lógica					95%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					80%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					90%
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					90%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					85%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				80%	90%
10. Pertinencia	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación				80%	
<b>Promedio de Validación</b>						<b>88%</b>

Nota. Elaboración Propia

3. Promedio de valoración ..88%.. y opinión de la aplicabilidad

(.X.) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

(...) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 15 de Setiembre del año 2023.

Jorge Fernández Briceño  
CIP: 60573  
DNI: 21458623

## Documento de validación de expertos de instrumentos de investigación

### 1. Datos generales

Apellidos y Nombres del Informante: Diego Castillo Vásquez

Cargo o Institución donde labora: Gerente general / Lago Arquitectura e ingeniería S.A.C.

Título de la investigación: Mejora del proceso de movimiento de tierra en la ejecución de la sub base para las pistas de un aeropuerto.

Autor(es) del Instrumento: Cordova Yacolca, Juan Gerardo

Lopez Mattos, Hugo Mitsuo

### 2. Aspectos de la validación

Indicadores	Criterios	Deficiente 0 – 20%	Regular 21 – 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 80%	Excelente 81 – 100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					90%
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables					90%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología				80%	
4. Organización	Existe una organización lógica					95%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					85%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias					85%
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				80%	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					90%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					85%
10. Pertinencia	El instrumento es adecuado para el propósito de la investigación				80%	
<b>Promedio de Validación</b>						<b>86%</b>

Nota: Elaboración Propia

### 3. Promedio de valoración ..86%.. y opinión de la aplicabilidad

(.X.) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

(....) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 15 de Setiembre del año 2023.

  
DIEGO CASTILLO VÁSQUEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 244410



## Anexo E.

### Cronograma contractual del paquete 3 de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	Metrado	Nº de Turnos	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11
<b>1.00</b>	<b>RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE ZONAS 2028 &amp; 2035, con eliminación de bolonería</b>	m3-bco	178,102.29													
1.01	Excavación y carguio de material tipo B; D=1km			1		30,000	60,000	30,000	30,000	28,102						
1.02	Transporte de material por 1km adicional			1		30,000	60,000	30,000	30,000	28,102						
1.03	Conformación y compactado de material tipo B			1		30,000	60,000	30,000	30,000	28,102						
<b>2.00</b>	<b>RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8, con eliminación de bolonería</b>	m3-bco	346,905.71													
2.01	Excavación y carguio de material tipo B; D=1km			1				64,000	64,000	64,000	96,000	58,906				
2.02	Transporte de material por 1km adicional			1				64,000	64,000	64,000	96,000	58,906				
2.03	Conformación y compactado de material tipo B			1				64,000	64,000	64,000	96,000	58,906				
<b>3.00</b>	<b>RELLENO TIPO A CORONA PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8</b>	m3-bco	113,958.00													
3.01	Excavación, zarandeo y carguio de material tipo A; D=1km			1		83,200	30,758									
3.02	Transporte de material por 1km adicional			1		83,200	30,758									
3.03	Conformación y compactado de material tipo A			1		83,200	30,758									
<b>5.00</b>	<b>RELLENO TIPO C PROCEDENTE DE ZONAS 2028 &amp; 2035</b>	m3-bco	243,180.00													
5.01	Excavación y carguio de material tipo C; D=1km			1				30,000	60,000	60,000	30,000	33,180	15,000	15,000		
5.02	Transporte de material por 1km adicional			1				30,000	60,000	60,000	30,000	33,180	15,000	15,000		
5.03	Conformación y compactado de material tipo C			1				30,000	60,000	60,000	30,000	33,180	15,000	15,000		
<b>9.00</b>	<b>RELLENO DE MATERIAL C- D EN CANTERA ZONA 8</b>	m3-bco	240,704.00													
9.01	Excavación y carguio de material tipo C-D; transporte a zona de acopio			1		128,000	112,704									
9.02	Carguio y Transporte, D =1km			1									120,000	120,704		
9.03	Conformación y compactado de material tipo C-D			1									120,000	120,704		
	<b>ADENDA II</b>															
<b>10.00</b>	<b>ADENDA II RELLENO MATERIAL C CONTROLADO</b>	m3-bco	130,000.00													
10.01	Excavación, zarandeo y carguio de material tipo C; D=1km			1								32,500	32,500	32,500	32,500	
10.02	Transporte de material por 1km por adicional			1								32,500	32,500	32,500	32,500	
10.03	Conformación y compactado de material tipo C			1								32,500	32,500	32,500	32,500	
	<b>PCR28 ODC 21 CIV "ACTUALIZACION EJE 21 AV GAMBETA"</b>															
<b>11.00</b>	<b>Corte y Relleno Localizado</b>	m3-bco	289.00	1											289	
	<b>PCR30 CIV "REMEDIACION DE NIVEL ZONA 8"</b>															
<b>12.00</b>	<b>RELLENO ZONA 8 - DESDE EL LIMITE DE BATERIAS</b>	m3-bco	18,000.00													
12.01	Excavación, carguio y transporte a zona de acopio			1										13,500	4,500	
<b>13.00</b>	<b>RELLENO ZONA 8 - DESDE LA ZONA 13</b>	m3-bco	50,000.00													
13.01	Excavación, carguio y transporte a zona de acopio			1										50,000		
13.02	Transporte adicional 1,100 km			1										50,000		
<b>14.00</b>	<b>RELLENO ZONA 8 - DESDE EL DMR</b>	m3-bco	108,000.00													
14.01	Excavación, carguio y transporte a zona de acopio			1										43,200	43,200	21,600
14.02	Transporte adicional 1,100 km			1										43,200	43,200	21,600
14.03	Mantenimiento de vías fuera del límite de batería			1										43,200	43,200	21,600

Nota. Elaboración Empresa A

## Anexo F.

### Cronograma valorizado del paquete 3 de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez parte I

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	Metrado	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
	<b>IMPLEMENTACION DE OBRA</b>													
<b>1.00</b>	<b>RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE ZONAS 2028 &amp; 2035, con eliminación de bolonería</b>	m3-bco	178,102.84	244,800	489,600	244,800	244,800	229,315						
1.01	Excavación y carguío de material tipo B; D=1km			120,600	241,200	120,600	120,600	112,971						
1.02	Transporte de material por 1km adicional			12,300	24,600	12,300	12,300	11,522						
1.03	Conformación y compactado de material tipo B			111,900	223,800	111,900	111,900	104,822						
				208,730	102,566	203,468								
<b>2.00</b>	<b>RELLENO TIPO B PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8, con eliminación de bolonería</b>	m3-bco	346,905.58			365,242	365,242	365,242	365,242	365,242	365,242	365,242		
2.01	Excavación y carguío de material tipo B; D=1km					160,072	160,072	160,072	160,072	160,072	160,072	160,072		
2.02	Transporte de material por 1km adicional					20,319	20,319	20,319	20,319	20,319	20,319	20,319		
2.03	Conformación y compactado de material tipo B					184,851	184,851	184,851	184,851	184,851	184,851	184,851		
<b>3.00</b>	<b>RELLENO TIPO A CORONA PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8</b>	m3-bco	113,957.86	1,095,744	405,083									
3.01	Excavación, zarandeo y carguío de material tipo A; D=1km			731,328	270,363									
3.02	Transporte de material por 1km adicional			34,112	12,611									
3.03	Conformación y compactado de material tipo A			330,304	122,109									
					177,500	103,222								
<b>4.00</b>	<b>RELLENO TIPO D PROCEDENTE DE ZONAS 2028 &amp; 2035</b>	m3-bco	0.00											
4.01	Excavación y carguío de material tipo D; D=1km													
4.02	Transporte de material por 1km adicional													
4.03	Conformación y compactado de material tipo D													
<b>5.00</b>	<b>RELLENO TIPO C PROCEDENTE DE ZONAS 2028 &amp; 2035</b>	m3-bco	243,179.73			188,100	376,200	376,200	376,200	208,039				
5.01	Excavación y carguío de material tipo C; D=1km					110,100	220,200	220,200	220,200	121,771				
5.02	Transporte de material por 1km adicional					12,300	24,600	24,600	24,600	13,604				
5.03	Conformación y compactado de material tipo C					65,700	131,400	131,400	131,400	72,664				
				6,210	170,701	199,383								
<b>6.00</b>	<b>RELLENO TIPO C PROCEDENTE DE CANTERAS ZONA 13 Y 8</b>	m3-bco	0.00											
6.01	Excavación y carguío de material tipo C; D=1km													
6.02	Transporte de material por 1km adicional													
6.03	Conformación y compactado de material tipo C													

Nota. Elaboración Empresa A

## Anexo G.

### Cronograma valorizado del paquete 3 de la ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez parte II

<b>7.00</b>	<b>RELLENO OVER</b>	<b>m3-bco</b>	<b>0.00</b>																
7.01	Carguio y transporte de Over; D=1km																		
7.02	Transporte de material por 1km adicional																		
7.03	Colocacion de Over																		
<b>8.00</b>	<b>CORTE DE MATERIAL INADECUADO EN TERRENO NATURAL h&lt;1m</b>	<b>m3-bco</b>	<b>0.00</b>																
8.01	Excavación y carguio de material inadecuado; D=1km																		
8.02	Transporte de material por 1km adicional																		
<b>9.00</b>	<b>RELLENO DE MATERIAL C- D EN CANTERA ZONA 8</b>	<b>m3-bco</b>	<b>240,704.00</b>	<b>302,080</b>	<b>265,981</b>					<b>349,200</b>	<b>351,249</b>								
9.01	Excavación y carguio de material tipo C-D; transporte a zona de acopio			302,080	265,981														
9.02	Carguio y Transporte, D =1km									212,400	213,646								
9.03	Conformación y compactado de material tipo C-D									136,800	137,603								
	<b>ADENDA II</b>																		
<b>10.00</b>	<b>ADENDA II RELLENO MATERIAL C CONTROLADO</b>	<b>m3-bco</b>	<b>130,000.00</b>							<b>324,090.00</b>	<b>324,090.00</b>	<b>324,090.00</b>	<b>108,030.00</b>						
10.01	Excavación, zarandeo y carguio de material tipo C; D=1km		130000							182,520	182,520	182,520	60,840						
10.02	Transporte de material por 1km por adicional		130000							15,990	15,990	15,990	5,330						
10.03	Conformación y compactado de material tipo C		130000							125,580	125,580	125,580	41,860						
	<b>PCR28 ODC 21 CIV "ACTUALIZACION EJE 21 AV GAMBETA"</b>																		
<b>11.00</b>	<b>Corte y Relleno Localizado</b>	<b>m3-bco</b>	<b>289.00</b>																<b>22,044.92</b>
	<b>PCR30 CIV "REMEDIACION DE NIVEL ZONA 8"</b>		290																22,044.92
<b>12.00</b>	<b>RELLENO ZONA 8 - DESDE EL LIMTE DE BATERIAS</b>	<b>m3-bco</b>	<b>18,000.00</b>										<b>21,780.00</b>	<b>21,780.00</b>					
12.01	Excavación, carguio y transporte a zona de acopio		18000										21,780.00	21,780.00					
<b>13.00</b>	<b>RELLENO ZONA 8 - DESDE LA ZONA 13</b>	<b>m3-bco</b>	<b>50,000.00</b>										<b>144,000.00</b>						
13.01	Excavación, carguio y transporte a zona de acopio		50000										121,000						
13.02	Transporte adicional 1,100 km		50000										23,000						
<b>14.00</b>	<b>RELLENO ZONA 8 - DESDE EL DMR</b>	<b>m3-bco</b>	<b>108,000.00</b>										<b>182,196.00</b>	<b>182,196.00</b>	<b>156,168.00</b>				
14.01	Excavación, carguio y transporte a zona de acopio		108000										91,476	91,476	78,408				
14.02	Transporte adicional 1,100 km		108000										80,514	80,514	69,012				
14.03	Mantenimiento de vías fuera del límite de batería		108000										10,206	10,206	8,748				
				<b>60,639</b>	<b>68,598</b>	<b>94,721</b>													

Nota. Elaboración Empresa A