



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Aplicación del método de izaje en la eliminación de material excedente para mejorar la productividad en los procesos de excavación en sótanos para edificaciones en el distrito de San Isidro - Lima – 2017

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Jesús Virgilio Santos Aquino

**ASESOR:**

Ing. Félix Delgado Ramírez

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Administración y Seguridad de la Construcción

**LIMA – PERÚ**

**2017**

**PÁGINA DE JURADO**

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

## **DEDICATORIA**

Ante todo, al Creador por haberme dado la voluntad y las fuerzas para lograr mis objetivos.

A mi madre, por haberme dado su amor que es la base fundamental en la vida para poder levantarme y mantenerme en el camino por más difícil que este sea. Enseñando a encarar la adversidad sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi padre y mi hermana que están en el cielo y que velan por mí.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre, esposa e hijos quienes incondicionalmente han estado conmigo, me alentaron y me dieron fuerzas en la decisión de seguir esta carrera, sabiendo que esto significaba restarles tiempo y espacio.

A mis hermanas que vieron en forma positiva esta decisión

A mis docentes y asesores (as) que apoyaron la realización de mi trabajo de investigación, quienes supieron encaminarme, para que mi experiencia laboral, tuviera un horizonte profesional.

A mis compañeros que estuvieron en los momentos oportunos y que me brindaron una mano amiga en momentos difíciles.

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo Jesús Virgilio Santos Aquino, identificado con DNI N° 25594061, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que corresponda ante cualquier falsedad u omisión tanto de documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de Universidad Cesar Vallejo

Lima, 18 de octubre de 2017

.....  
Jesús V. Santos Aquino

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, presento ante Ustedes la Tesis titulada “APLICACIÓN DEL MÉTODO DE IZAJE EN LA ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE EXCAVACIÓN EN SÓTANOS PARA EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO - LIMA – 2017” la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

El Autor.

## INDICE

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| PÁGINA DE JURADO                  | ii  |
| DEDICATORIA                       | iii |
| AGRADECIMIENTO                    | iv  |
| DECLARACION DE AUTENTICIDAD       | v   |
| PRESENTACIÓN                      | vi  |
| INDICE                            | vii |
| RESUMEN                           | xi  |
| ABSTRACT                          | xii |
| I. INTRODUCCIÓN                   | 13  |
| 1.1. Realidad Problemática        | 14  |
| 1.2. Trabajos previos             | 17  |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema | 23  |
| 1.4. Formulación del problema     | 45  |
| 1.4.1 General                     | 45  |
| 1.4.2 Específicos                 | 45  |
| Problema específico 1             | 45  |
| Problema específico 2             | 45  |
| Problema específico 3             | 45  |
| 1.5. Justificación del estudio    | 46  |
| 1.5.1 Teórica                     | 46  |
| 1.5.2 Metodológica                | 46  |
| 1.5.3 Técnica                     | 46  |
| 1.5.4 Practica                    | 46  |
| 1.5.5 Económica                   | 47  |
| 1.5.6 Social                      | 47  |
| 1.6. Hipótesis                    | 47  |
| 1.6.1 Específicas                 | 47  |
| Hipótesis específica 1            | 47  |
| Hipótesis específica 2            | 47  |
| Hipótesis específica 3            | 47  |
| 1.7. Objetivo                     | 48  |
| 1.7.1 General                     | 48  |

|  |    |
|--|----|
| 1.7.2 Específicos  | 48 |
| Objetivo específico 1  | 48 |
| Objetivo específico 2  | 48 |
| Objetivo específico 3  | 48 |
| II. METODOLOGIA  | 49 |
| 2.1 Diseño de investigación  | 50 |
| 2.2 Tipo de investigación  | 50 |
| 2.3 Nivel de investigación   | 50 |
| 2.4 Población y muestra  | 50 |
| Población:   | 50 |
| Muestra:   | 50 |
| Muestreo: MUESTREO PROBABILISTICO  | 51 |
| 2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 51 |
| 2.3.1.Técnica  | 51 |
| 2.3.1.1. Análisis documental   | 51 |
| 2.3.1.2. Observación Estructurada  | 52 |
| 2.3.2.Instrumentos de recolección de datos                                   | 52 |
| 2.3.3.Validez.   | 52 |
| 2.6 Método de análisis de datos  | 53 |
| 2.7 Aspectos Éticos  | 53 |
| III. ANALISIS Y RESULTADOS   | 54 |
| IV. DISCUSION  | 67 |
| V. CONCLUSIONES  | 71 |
| VI. RECOMENDACIONES  | 73 |
| Bibliografía   | 75 |

## ÍNDICE DE GRAFICOS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Banquetas usando retroexcavadoras para la eliminación, confina el área de trabajo            | 14 |
| Figura 2 Dificultad para eliminar el material extraído  | 15 |
| Figura 3 Proceso de eliminación de material extraído que paraliza la realización de otras actividades | 16 |
| Figura 4 Eliminación Usando Rampa   | 31 |
| Figura 5 Método de Faja transportadora  | 33 |
| Figura 6 Excavadoras alimentando faja   | 35 |
| Figura 7 Frente de trabajo paralizado para otras actividades  | 36 |
| Figura 8 Método de Izaje Vertical   | 37 |
| Figura 9 Torre de control de Método de Izaje Vertical   | 37 |
| Figura 10 Eliminación mediante Método de Izaje Vertical   | 38 |
| Figura 11 Método de Grúa Torre con Baldes Basculantes   | 39 |
| Figura 12 Grúa Torre en proceso de ejecución de obra  | 40 |
| Figura 13 Balde Basculante de Grua Torre  | 41 |
| Figura 14 Metodo de Izaje Vertical en ejecución   | 79 |
| Figura 15 Metodo de Izaje momento de descarga   | 80 |
| Figura 16 Tolva de camión esperando descarga - Método de Izaje  | 81 |
| Figura 17 Método de Izaje Vertical, momento de bajada   | 82 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabla 1  | Numero de Transiciones por Sótanos  | 34 |
| Tabla 2  | Producción diaria según el avance de muros anclados vs el número de volquetes por día                           | 55 |
| Tabla 3  | Determinación del tiempo para eliminar material mediante el uso de la rampa - nivel 1 y nivel 2                 | 56 |
| Tabla 4  | Costo de eliminación y excavación por m <sup>3</sup>  | 57 |
| Tabla 5  | Costos totales por niveles método de rampa  | 57 |
| Tabla 6  | Determinación del tiempo de eliminación de material faja transportadora Niveles 3,4,5,6,7 y 8                   | 58 |
| Tabla 7  | Desagregado de costos fijos en el alquiler de faja transportadora   | 59 |
| Tabla 8  | Desagregado de costos fijos en el alquiler de grúa torre  | 60 |
| Tabla 9  | Costo por m <sup>3</sup> - utilizando grúa torre  | 60 |
| Tabla 10 | Determinación del tiempo para la eliminación de material usando grua torre - Niveles a considerar 3,4,5,6,7 y 8 | 61 |
| Tabla 11 | Costos por uso de método de izaje vertical - única vez  | 62 |
| Tabla 12 | Costos por M <sup>3</sup> empleando el método de izaje  | 62 |
| Tabla 13 | Cantidad de material a eliminar mediante el método de izaje   | 62 |
| Tabla 14 | Determinación del tiempo para la eliminación de material usando el método de izaje vertical Todos los Niveles   | 63 |
| Tabla 15 | Porcentajes de eficiencia   | 64 |
| Tabla 16 | comparación los tres métodos  | 65 |
| Tabla 17 | Costo por M <sup>3</sup>  | 65 |

## RESUMEN

La presente tesis titulado “Aplicación del método de izaje en la eliminación de material excedente para mejorar la productividad en los procesos de excavación en sótanos para edificaciones en la ciudad de Lima – 2017” tuvo su objetivo general determinar que con la aplicación del método mecánico de izaje en la eliminación de material se mejora la productividad en los procesos de excavaciones. Al respecto; (Barrios, 2011) sostiene que un buen resultado en los trabajos de excavación y eliminación, se consigue relacionando adecuadamente el procedimiento de eliminación, el equipo de eliminación y las condiciones del área de trabajo. Asimismo, (Cano, 2014) señala que la productividad en los procesos de excavación se asocia con la cantidad producida y el buen manejo de los recursos empleados a fin de conseguir resultados eficiente en esta actividad.

Para el desarrollo del presente trabajo se realizó una investigación de tipo explicativo con un diseño no experimental. Considerándose el área del edificio a construir como la población de estudio y a la muestra un 30% de esta población. Así mismo se hizo uso de los instrumentos como las fichas de recolección de datos, las fichas técnicas, fichas de observación y ensayos de laboratorio.

Concluyendo que en condiciones especiales la aplicación del método de izaje en la eliminación de material extraído logra mejorar la productividad en los procesos de excavación de sótanos para edificio, logrando reducir los costos, y tiempo de esta actividad.

Palabras claves: método de izaje, área de trabajo, muros anclados, productividad, eficiencia y eficacia.

## **ABSTRACT**

The present thesis entitled "Application of the lifting method in the elimination of surplus material to improve the productivity in the excavation processes in basements for buildings in the city of Lima - 2017" had its general objective to determine that with the application of the mechanical method of Lifting in material removal improves productivity in excavation processes. About; (Barrios, 2011) argues that a good result in excavation and removal work is achieved by properly relating the disposal procedure, the disposal equipment and the working conditions. Also, (Cano, 2014) indicates that the productivity in works is associated with yield or quantity produced and this implies a good management of the resources used in order to achieve efficient results in this activity.

For the development of the present work an explanatory type research was carried out with a non-experimental design. Considering the area of the building to be built as the study population and to the sample 30% of this population. Likewise, instruments such as data collection cards, technical files, observation cards and laboratory tests were used.

Concluding that under special conditions the application of the lifting method in the removal of extracted material manages to improve the productivity in the processes of excavation of basements for building, managing to reduce the costs, and time of this activity.

Keywords: lifting method, work area, anchored walls, productivity, efficiency and effectiveness.

## I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad Problemática

En 1843 en Europa ante los problemas de transporte y viviendas el inglés Charles Pearson, inicio las primera investigaciones relacionadas con el movimiento en excavaciones y eliminación de tierras en construcciones, teniendo como resultado que gran parte del tiempo empleado en las construcciones se desperdiciaba en el movimiento de tierras debido a que no se podía eliminar con facilidad el material excedente producto de las excavaciones, trayendo como consecuencia una baja productividad de esta actividad, fue entonces que se dio inicio al uso de los primeros medios mecánicos de eliminación. Estos primeros sistemas de transporte en la eliminación de material eran muy primitivos ya que solo consistía una cinta de cuero, que se deslizaba por una tabla de madera plana. Este tipo de sistema no fue calificado como exitoso, pero proporciono un incentivo a los ingenieros para considerar los equipos transportadores y las técnicas empleadas como un rápido, económico y seguro método para mover grandes volúmenes de material de un lugar a otro. Ya con el tiempo se fue mejorando estos métodos de eliminación, conocidos como fajas trasportadoras, baldes basculantes, grúas torres y otros.



*Figura 1 Banquetas usando retroexcavadoras para la eliminación, confina el área de trabajo*

En la actualidad, frente al Incremento de la densidad poblacional y la reducción de las áreas de superficies edificables, es que surgen los grandes bloques verticales que coexisten con la vivienda unifamiliar.



*Figura 2 Dificultad para eliminar el material extraído*

El Perú no ha sido exento de este cambio urbanístico, trayendo como consecuencia, la dinámica de las empresas constructoras, reflejadas el incremento del Producto Bruto Interno permiten señalar a este sector construcción como uno de los eje transversales en el crecimiento y desarrollo económico del Perú, mediante desarrollo de importantes proyectos de edificación, muchos de estos proyectos urbanísticos consideran en sus diseños varios niveles de sótanos; existiendo algunos proyectos que se desarrollan en espacios reducidos, teniendo además el agravante de contar con linderos colindantes ocupados con edificaciones ya construidas o con calles o avenidas en uso. Este tipo de diseño urbanístico de edificaciones con sótano ha generado demanda de diversas actividades como la eliminación de material excedente extraído en las excavaciones de sótanos.

Siendo la excavación vertical y la eliminación de material extraído actividades iniciales que se debe asumir antes de construir, es necesario estudiar y analizar las técnicas y metodologías con maquinarias modernas, así como la normativa vigente de carácter técnico y administrativo que existen para esta actividad, ya que el desconocimiento de estas podría hacernos incurrir en contratiempos, contingencias o incremento de los costos de construcción de la obra.



*Figura 3 Proceso de eliminación de material extraído que paraliza la realización de otras actividades*

En el Perú, el crecimiento de este sector ha inducido a las autoridades competentes a regularizar la normatividad en materia de salud laboral y de seguridad, tal como es el (MTPE, 2012) Procedimiento Guía de Excavación y el (MTPE, 2012) Procedimiento Guía de Movimiento de Tierra; ambas del Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo.

En la realidad de los hechos, se observa que la partida movimiento de tierras no se cumplen según el tiempo programado más aún si se trabaja en excavaciones con espacios esto pasa porque no se le da la real importancia al tipo excavación y el método empleado en la eliminación, en muchos casos no se toma en cuenta la naturaleza del material a eliminar en función a los estudios estratigráficos, tampoco se analiza el rendimiento de las maquinas o equipos empleados ni la eficiencia del potencial humano.

Todo esto obedece a que no existen publicaciones que permitan capacitar al personal en materia de eliminación a fin de aprovechar mejor los recursos empleados.

El análisis del presente estudio forma parte de la ejecución de un edificio de oficinas ubicado en el distrito de San Isidro, ciudad de Lima, el mismo que cuenta con 10 pisos y 08 niveles de sótanos construidos en un área de terreno de 960.75 m<sup>2</sup>.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación vamos a delimitar ciertas circunstancias especiales como es el área reducida relacionada con su profundidad, el número de 08 sótanos o niveles y los espacios colindantes con edificaciones ya construidas. Todas estas condiciones contribuyen a que no se puede usar cualquier método en la eliminación del material excedente, métodos como la faja transportadora, método de rampas, método de balde basculante con grúa torre.

Debido a estas condiciones especiales es que resultan interesante conocer los diversos métodos de eliminación durante el proceso de excavación profunda para sótanos, con el fin de mejorar la productividad minimizando tiempo y costos, obviamente enmarcados a las normas vigentes.

## **1.2. Trabajos previos**

Los trabajos de investigación contemporáneos exigen que tengamos que recurrir a tesis de investigación relacionados con nuestro tema de investigación por tal razón nos apoyamos en las siguientes investigaciones:

(Cano, 2014) Aplicación de Métodos de Productividad en las Operaciones de Equipos de Movimiento de Tierras. Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Facultad de Ingeniería. Carrera de Ingeniería Civil.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo principal obtener un método sencillo de control y mejoramiento de la productividad en los procesos de excavación en base a la evaluación de cada ciclo de operación asociando la cantidad producida o rendimiento entre los recursos

empleados, de manera que pueda ser utilizado para definir el tipo de maquinaria en excavación y eliminación de material excedente.

Esta investigación se caracterizó por ser de tipo pre experimental ya que el autor realiza seguimiento y control a sus indicadores de eficiencia y efectividad, tiempo y costos, así como el rendimiento obtenido en cada fase de excavación y eliminación relacionados con los recursos empleados, para lo cual se utilizó fichas técnicas de medición en el campo, para luego medir los cambios que sufrió la variable dependiente.

El autor concluye que la aplicación del método de productividad ha sido beneficioso al estudio de investigación, ya que esta herramienta ha permitido elevar la productividad de los equipos, en función a la disminución del tiempo de las operaciones. Este método se aplica de manera iterativa con el fin de que las mejoras sean continuas y se logre eliminar o disminuir al máximo los tiempos muertos de las operaciones.

La relevancia de esta tesis es de poder capacitar al personal en identificar las causas que no permiten que nuestras operaciones de excavación y eliminación sean óptimas, y así una vez identificadas podremos tomar medidas que nos ayuden a eliminar o minimizar su incidencia en la productividad, con el fin de mejorar y elevar nuestros rendimientos.

(Barrios, 2011) Metodología para la ejecución y control de excavaciones en sótanos para edificios. Título de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería Civil Universidad de San Carlos de Guatemala. 2011.

Tuvo como objetivo general proporcionar información de la metodología sobre la ejecución y control de los trabajos de excavación y eliminación en sótanos para edificios, que conlleven a obtener resultado positivos en estas actividades, para lo cual el autor relaciona los procedimientos de eliminación que deben seguirse al momento de iniciar la excavación en una obra civil, con el tipo de maquinaria o equipo de eliminación empleado y el área donde se desarrollara la obra, esta información metodológica además servirá para la realización de la programación de obra, para poder tener una visión clara de las actividades a desempeñar y el tiempo necesario para

cada una. A fin de que se culmine dentro de los plazos establecidos desde el inicio, dentro de los costos fijados y cumpliendo con el requerimiento de una obra de calidad, así como de los aspectos legales establecidos a fin de no incurrir en delitos o faltas, los cuales pudieran generar multas al proyecto.

Para identificar los procedimientos de eliminación el autor hace referencia que se necesita información de estudios estratigráficos, el tipo de excavación empleada, los diversos muros de contención que se emplearan, las construcciones colindantes y la profundidad a escavar.

El autor aplica un diseño Pre experimental realiza mediciones a sus indicadores en un periodo de tiempo.

Concluye que, para asegurar la calidad del proyecto, se deberán establecer controles rutinarios de todos los indicadores de la obra, y se debe contar con el personal capacitado para realizar cada tarea, el mismo que debe tener pleno conocimiento del proceso metodológico para la ejecución de excavaciones y eliminación del proyecto en la ingeniería civil. Concluye también que la plena identificación de los indicadores, asegura la correcta selección del procedimiento a emplear en la eliminación del material extraído.

La importancia de este trabajo de investigación radica en poder contar con un manual de bolsillo con la metodología y control de excavaciones y eliminación, manual orientado principalmente a estudiantes o profesionales interesados en el tema de movimiento de tierras, el mismo que puede usarse como instrumento de capacitación.

(Rivera, 2016) Análisis de Eliminación de Materiales en la Ejecución de una Edificación de Once Sótanos en la Ciudad de Lima. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú.

El objetivo de esta la tesis fue presentar las diversas alternativas de excavación masiva y eliminación del material excedente producto de la ejecución de un edificio de 20 pisos con 11 sótanos para lo cual el autor analizo indicadores de tiempo, costos y rendimientos en cada una de los métodos de eliminación como son método de rampa, método de banquetas,

método de fajas transportadoras y el método del balde basculante izados mediante grúa y el método cuchara a cuchara.

Esta investigación adopto una investigación de tipo pre experimental ya que toma información de campo de los diversos métodos de eliminación para luego contrastarla entre si y ver el efecto que ha tenido en esta actividad de eliminación.

Después de haber analizado cada método de eliminación el autor concluyo que se puede mejorar la productividad de las actividades de eliminación de material, independientemente del método escogido si se realiza una correcta gestión de los puntos siguientes: operación, selección aplicación y proceso.

Significativamente el autor proporciona información para la toma de decisiones al momento de escoger un método de eliminación de material producto de excavaciones profundas en sótanos para edificios.

(Garcia, 2015) La excavación urbana y los edificios vecinos. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad Politécnica de Catalunya Barcelona, España.

El Objetivo principal de esta tesis fue analizar y definir la zona de trabajo, así como evaluar el comportamiento de los edificios colindantes frente al movimiento de tierras, así mismo determina que se deba respetar los cuatro sistemas que intervienen durante el movimiento de tierras como son: la excavación y eliminación, el terreno, el muro de contención y el edificio colindante. Aplicados a diferentes tipos de edificaciones, diferentes tipos de terreno, distintas profundidades, diferentes sistemas de excavación y diferentes procesos de eliminación del material excedente, buscando precisar las categorías de daño asociados; para finalmente aportar un criterio simplificado de cálculo de muros pantallas de aplicación general en obras de edificación en entorno urbano.

En este contexto el investigador propone un modelo matemático que permite diseñar los muros de contención teniendo en cuenta las deformaciones del terreno y las deformaciones de las edificaciones colindantes frente al movimiento de tierras.

Por las características de desarrollo del estudio de investigación es aplicada ya que se desarrolla en campo se puede inferir el diseño es de tipo Pre Experimental ya que se basa en los resultados obtenidos del seguimiento del comportamiento del suelo y de las edificaciones ante excavaciones profundas y tomo como población a las edificaciones de la Ciudad de Vella específicamente y como muestra la construcción del edificio del Hotel Courios.

El investigador concluyo que el grado de rigidez en el diseño del sistema de contención dependerá del tipo de suelo y su empuje, de la profundidad, del diseño del edificio colindante, y que se debería estudiar en forma minuciosa el tipo de excavación y eliminación que se empleará definiendo correctamente las particularidades del terreno a fin de analizar la rigidez axial y a flexión de las edificaciones vecinas y tener en cuenta el tipo de cimentación de los edificios adyacentes.

(Roberto, 2010) La Maquinaria Pesada y el Movimiento de Tierras. Tesis para optar el Título de Licenciado en Construcción. Instituto tecnológico de la Construcción - México

El objetivo principal de esta tesis fue exponer los diferentes equipos de eliminación en los procesos de movimiento de tierras en diversas condiciones de terreno.

Esta tesis es según su finalidad es una investigación correlacional ya que busca relacionar los procesos de movimiento de tierras y las maquinas involucradas en esta actividad específica puesto que analiza como interrelacionan todos los recursos que interviene.

El investigador concluyo que para determinar el equipo de eliminación es importante conocer el ciclo de trabajo de cada elemento, la naturaleza del material con el que se va a trabajar, el rendimiento de los equipos, la capacidad de carga y la profundidad de excavación, así como los diversos métodos que existe en el movimiento de tierras. Es importante seleccionar adecuadamente los equipos para la excavación, así como para la eliminación teniendo en cuenta su tipo, capacidad marca. Concluye además diciendo que urge formar profesionales en todos los ámbitos de la

construcción, así como técnicos de nivel medio que trabajen con todos los recursos involucrados.

Como aporte el investigador desarrollo un manual con las diversas características de las maquinas relacionadas al movimiento de tierras

(Soto Barria, 2009) “Análisis de productividad en el movimiento de tierras del proyecto habitacional loteo sirón, consistente en 374 viviendas sociales dinámicas sin deuda en punta arenas” Tesis para optar el título de Ingeniero Constructor. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile

Como objetivo principal el autor busca analizar detalladamente los procedimientos que se realiza comúnmente en la ejecución de un movimiento de tierras y las maquinarias utilizadas, así como los procedimientos empleados en las excavaciones y eliminación, para lo cual desarrolla de manera descriptiva y gráfica el movimiento de tierras del Proyecto Loteo Sirón, esto lo logro a través de analizar ensayos normalizados de distintos tipos de suelos encontrados y utilizados en su investigación.

Por la naturaleza de su investigación se determina que es de tipo aplicadas con diseño pre experimental ya que toma información en campo para luego comparar mediante graficas los resultados obtenidos.

La importancia de este estudio radica en que se debe describir todos los procesos del movimiento de tierras, así como el tamaño de la obra involucrada para determinar las acciones o procedimientos a emplear en un movimiento de tierras, entiéndase que el movimiento de tierras está constituido por las actividades de excavación y de eliminación

El investigador concluye que antes de definir los procedimientos de eliminación se debe realizar estudios de estratigrafía del suelo y representarla gráficamente para observar las capas y desarrollar una serie de secuencias para dicha excavación y eliminación

La significatividad de esta investigación radica en la publicación de una serie de recomendaciones a seguir en materia de seguridad en obra a fin de poder usarlo como medio de capacitación.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

Para el presente estudio es necesario trabajar con la información recogida en campo por tal razón se citará algunos conceptos relacionados con la actividad de excavación y eliminación en sótanos para edificios:

#### 1.3.1. Método mecánico de eliminación de material excedente

##### Método Mecánico de eliminación

(Riffon de Angulo, 2012) Menciona que los métodos mecánicos de eliminación son un conjunto de acciones orientadas a maximizar su uso muy independiente de la naturaleza del material a eliminar.

Principalmente el autor da a conocer el uso de los equipos de eliminación bajo condiciones de funcionamiento ampliamente variadas. Mientras que para (Gaston Moreno, 2011) la eliminación mecánica se define como las acciones de limpieza que haciendo uso de camiones y retroexcavadoras u otro medio mecánico permiten liberar el espacio correspondiente al área de trabajo, con la finalidad de poder continuar otras actividades.

La página tecnológica PREZI <sup>1</sup>señala que la eliminación mecánica en obra comprende todo el material que es generado como producto de las excavaciones o demoliciones que no sea reusable, el mismo que a través de cargadores mecánico procede con el carguío desde el punto de acopio hasta la tolva de los camiones. PREZI también manifiesta que el material excedente se debe localizar en lugares que no perjudiquen el normal desarrollo de la obra. Para (Tarilonte, 2013) se denomina eliminación mecánica al conjunto de operaciones que se realizan en terrenos naturales denominados bancos y que sufren alteración en su volumen al momento de ser manipulados con equipos mecánicos para su carguío y transporte.

---

<sup>1</sup> <https://prezi.com/4r9bwoii3oz9/eliminacion-y-movimiento-de-material-exedente/>

(Excavaciones y Demoliciones - AAED, 2016). Define a la eliminación mecánica como las actividades de carguío y transporte de los elementos extraídos en la excavación o demolición, con empleo de maquinaria y aplicando técnicas acordes al tipo de terreno.

(Riffon de Angulo, 2012) Menciona las siguientes características: mueven masivamente grandes volúmenes de material independientemente de su naturaleza, solo utilizan energía o combustible cuando están en funcionamiento, operan con un mínimo de personal, se montan y desmontan con facilidad en cualquier tipo de terreno, reparación o reemplazo pueden realizarlo insitu y rápidamente sin necesidad de desmontar todo el equipo.

(Gaston Moreno, 2011) El método mecánico de eliminación es primordial porque garantiza su fluidez y asegura la continuidad de la excavación, así como de la colocación de muros anclados, dentro de calendario de ejecución de obra, para lo cual se debe tener en cuenta el procedimiento de eliminación, los equipos a usar de acuerdo a la zona de trabajo apoyándose en estudios de suelos o estudios estratigráficos.

Los equipos de eliminación han logrado una posición dominante en el mercado del movimiento de tierras transportando material en forma masiva, entre ellos tenemos las grúas y los baldes, las fajas transportadoras, los sistemas con elevadores entre otros.

Señala además que para que se tenga precisión en desarrollar los procedimientos a seguir en una eliminación de material se tomar en cuenta los estudios de estratigrafía a fin de determinar la naturaleza del material, los tipos de muro de contención con los que se contara, las construcciones colindantes, el área de trabajo, las interferencias, la profundidad o niveles bajo cero

Además realizan otras funciones en relación a su propósito inicial ya que mantienen un flujo continuo pudiendo bien colocar el material en obra.

Las exigencias en materia de energía y combustibles son fundamentales unas mayores que otras notándose que las fajas transportadoras son de bajo consumo en comparación a las grúas torres

Los fabricantes de estos equipos se han anticipado a las necesidades de la industria de forma consistente con mejoras en los diseños y con componentes que han excedido todos los requerimientos conocidos. La fiabilidad y, las seguridades son ahora excelentes debido a que estos equipos de eliminación y de excavación disponibles son más resistentes y durables, así como las partes mecánicas grandemente mejoradas y mandos eléctricos, dispositivos de seguridad muy sofisticados.

Actualmente estos equipos son capaces de manejar capacidades horarias que exceden cualquier requisito práctico, ya que operan continuamente el tiempo y los días necesarios cuando se requiere.

### **Limitaciones de los equipos mecánicos de eliminación**

(Gaston Moreno, 2011) En el caso de las grúas torres el tamaño de materiales que pueden llevar está limitado por la capacidad de carga de los baldes basculantes además presentan mucho tiempo muerto al momento del enganche y durante el izaje de subida ya que debe hacerlo en forma equilibrada. En el caso de las fajas transportadoras se encuentran limitados por el ancho de la faja y por la pendiente de inclinación, en excavaciones profundas las fajas trasportadoras, son las que presentan mayores pérdidas de carga durante el tiempo de carga y subida.

Por otro lado, los elevadores de izaje vertical son recomendados hasta una altura máxima que no supere los 30 m. pues pierden estabilidad a alturas mayores debido a la carga que soportan.

Los materiales pueden ser desde muy finos, arcillosos, o piedras de grandes granulometrías, carbón, minerales, incluso los materiales calientes como arena de fundición, coque, materiales sinterizados, y gránulos de mineral de hierro por tal razón estos equipos están expuestos a la corrosión, abrasión y desgaste lo cual representa un costo de mantenimiento

### **Productividad en los procesos de excavación**

"La productividad en obras se asocia con el rendimiento y esto implica un buen manejo de los recursos a fin de conseguir resultados que vuelvan eficiente todas las labores desarrolladas dentro de un proceso sino también en lo referente a los métodos utilizados en esta actividad"<sup>2</sup>.

De acuerdo con la revista Bit (2001)<sup>3</sup> en su artículo Índice de productividad en la construcción: Mito o Realidad, por productividad debemos entender la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros insumos como la tierra, energía, materias primas e incluso, la información. Por lo tanto, productividad se define como la relación entre producción final y factores productivos (tierra, equipo y trabajo) utilizados en la producción de bienes y servicios. De un modo general, la productividad se refiere a lo que genera el trabajo, la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo. Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital, trabajo y tierra.

---

<sup>2</sup> <http://definicion.de/productividad>

<sup>3</sup> <http://www.revistabit.cl/revistabit/www/admintools/>

La productividad por el uso de estas máquinas se calcula al dividir el total de volumen eliminado entre los recursos empleados

Adicionalmente (Niebel, 2001), describe que el mejoramiento de la productividad se refiere al incremento de la producción por hora-trabajo o por tiempo gastado. Como base fundamental para el mejoramiento de la productividad se encuentran los recursos humanos, ya que estos son el capital más importante de toda la empresa. “Algunos mencionan el capital como el recurso esencial para el desarrollo industrial y otros mencionan la tecnología como el factor que incrementa la misma.

La productividad en obra se caracteriza porque:

- Ayuda a conseguir los objetivos enmarcados en el cronograma de obra
- Supone un gran ahorro de costos, ya que nos permite deshacernos de aquellos elementos innecesarios en la secuencia de las construcciones
- Supone un gran ahorro de tiempo, lo que nos da la posibilidad de realizar un mayor número de tareas en un menor tiempo y, generalmente, con menor esfuerzo. Esto, a la larga, nos permite reservar ese “tiempo de más” a tareas más complejas.
- Dota a las empresas del sector construcción de mayor agilidad y, por lo tanto, flexibilidad es decir las hace más competitivas a la hora de responder a los cambios.

La productividad en obra es fundamental para aumentar la rentabilidad de una empresa constructora. Así, la productividad es el resultado de las acciones que se deben llevar a cabo para conseguir los objetivos de la empresa y crear un buen ambiente laboral.

Finalmente, la productividad en obra suele estar asociada a los recursos con se cuenta, a su eficiencia y al tiempo: cuanto menos tiempo se invierta en lograr el resultado deseado, mayor será el carácter productivo del sistema que utilizamos. Debemos ser

capaces de detectar los elementos que no funcionan correctamente en un proceso constructivo.

(Anzules , 2009 pág. 4) Las excavaciones profundas se realizan con mucha frecuencia para desplantar cimentaciones sobre todo en zonas urbanas debido a la escasez de espacio, por lo cual la construcción bajo cota de terreno natural ha cobrado gran importancia. En la actualidad, las edificaciones cuentan con la construcción de ciertos niveles de sótanos que pueden tener profundidades variables, generalmente por necesidades arquitectónicas, por optimización de espacios o por soluciones geotécnicas.

En la mayoría de los edificios modernos de nuestra ciudad, debido a la problemática de búsquedas de lugares utilizables, para sótanos de parqueos, observamos este tipo de obras. Por esta razón en este tipo de trabajo, es fundamental determinar métodos de excavación y eliminación adecuados y sistemas seguros de sostenimiento y elevación, para proteger las paredes de excavación, evitando posibles fallas en edificios adyacentes.

En general, cuando empieza una nueva estructura a edificarse y si esta requiere una excavación profunda para su cimentación, es estrictamente necesario estudiar bajo qué condiciones se realizarán los trabajos de excavación, ya que la misma podría causar pérdida de capacidad de carga, asentamientos, movimientos laterales en edificaciones colindantes, etc. Por esto es obligatorio determinar soluciones accesibles para realizar trabajos de excavaciones seguros y económicos.

(OSHA, 2016) OSHA define a una Excavación como cualquier corte, cavidad, zanja, depresión o alteración de la superficie de la tierra hecha por el hombre. Esto puede incluir cualquier tipo de excavación hecha con cualquier propósito de construcción, desde las fundaciones de edificios hasta carreteras.

(Barrios, 2011) Define a la excavación como la operación de cortar y remover cualquier clase de suelo independiente de su naturaleza o de sus características físico-mecánicas, dentro o fuera de los límites de construcción. Su ejecución incluye las operaciones de nivelación y eliminación del material removido a su lugar de disposición final.

Así mismo el autor clasifica al proceso de excavación por su profundidad como:

- ✓ Pocos Profundas
- ✓ Profundas

### **Poco profundas**

Son aquellas cuyo rango de profundidad no supera los cinco metros. Se puede efectuar con maquinaria de una potencia no superior a 80 Hp, como las retroexcavadoras, o también con uso de mano de obra de forma continua e intensiva, no se construye rampas para la salida de las unidades de evacuación, solo se utiliza rampas que son utilizadas para la salida del personal.

A pesar de que este tipo de excavación presenta poca altura, es importante considerar el uso de sistemas de protección de taludes durante su ejecución, como lo son los apuntalamientos, ya que al inicio son fáciles de montar y son fáciles de desmontar al finalizar el proceso de excavación.

Los sistemas de protección en excavaciones poco profundas no son demasiados complejos, esto debido su poca altura, ya que en la mayoría de casos solo se utilizan, muros de mampostería reforzada.

### **Profundas**

Son aquellas excavaciones que superan los cinco metros de profundidad, por lo general se realizan con maquinaria con una potencia superior a 80 Hp; para su ejecución debe tomarse en cuenta elementos tales como: sistemas complejos de protección de

taludes, rampas de salida de camiones u otro medio de evacuación del material extraído.

La construcción de los sistemas de protección de taludes se realiza durante el proceso de excavación o bien se realizan antes de este, estos van desde el método de muros anclados, las calzaduras, los micro pilotes, pilotes, entre otros.

Para llevar a cabo este tipo de excavación es importante que el ingeniero, considere el peligro que el desprendimiento de tierra de los taludes es mayor, y por ende la vida de los trabajadores corre mayor riesgo. Esto debido a que diferencia de niveles topográficos, entre los dos planos unidos por un talud, existe una tendencia natural de las masas a equilibrar sus potenciales energéticos.

Esta inestabilidad física, encontraría su estado final teóricamente de equilibrio, cuando las masas igualan sus fuerzas. Para lo cual se debe conocer propiedades del suelo como las de un suelo blando o rígido. Este equilibrio tiende a alcanzar, como estado límite, la formación de un plano horizontal. Las fuerzas que causan la inestabilidad son la gravedad (peso de la masa), y las presiones neutras, como por ejemplo las generadas por un flujo.

#### 1.3.1.1. Excavaciones de alta profundidad

El proceso de excavación de alta profundidad podrá definirse como todas aquellas labores de corte y remoción de suelo sin importar las particularidades de la superficie a tratar, sin embargo, las excavaciones se podrán diferenciar por el grado de complejidad, la profundidad, el tipo de suelo y su grado de humedad. En este tipo de excavación se listan los procesos que tienen como rango de profundidad un mínimo de cinco metros y un máximo indeterminado. Las excavadoras empleadas en este tipo de tareas deberán tener una potencia al volante que supere los 59kW. Algunos modelos de equipos óptimos para realizar excavaciones de profundidad son: Excavadora Caterpillar 320D, Excavadora Caterpillar 320D

LRR, John Deere 200 D LC, excavadora Caterpillar 320CL. Todas ellas superan los 110 kW de potencia lo que las convierte en máquinas indispensables en labores de excavación profunda.

#### 1.3.1.2. **Eliminación usando rampa**

Consiste en retirar la rampa de salida de los camiones, este proceso se realiza tomando en cuenta la altura del sótano y el tipo de maquinaria disponible. El uso de rampas como método de eliminación de material es muy efectivo, pues te permite el ingreso de volquetes hasta el mismo punto de excavación, en donde se carga y acarrea el material hacia un botadero.

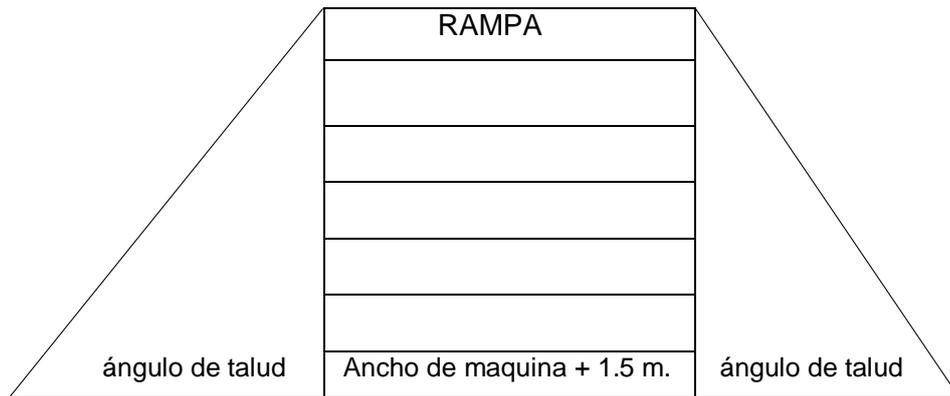
La conformación de rampa, dependerá de la profundidad y la forma que tenga el terreno a excavar, misma que se ubicará y construirá en un lugar donde no obstruya el proceso de excavación, también debe contar con acceso a la calle y permitir la maniobrabilidad de maquinaria pesada.



Figura 4 Eliminación Usando Rampa

En cuanto a las dimensiones de la rampa de salida, deberá de contar con el ancho suficiente para la rodadura de maquinaria, la cual puede ser calculada como: el ancho total de la máquina más 1,5 metros, esto para que la maquinaria pesada que deba descender pueda realizar la operación sin ningún problema y con la seguridad que se requiere.

## Ángulo del talud lateral de la rampa



La orilla debe estar señalizada por medio de conos de seguridad, y en el caso que los trabajos de excavación continúen durante la noche, la orilla debe contar con iluminación, ya sea por medio de antorchas o algún sistema de iluminación. Es importante que la rampa cuente con talud, esto para evitar desprendimientos y pérdida de la rampa, el ángulo del talud dependerá del tipo y el estado del material, en la siguiente tabla presenta distintos ángulos, utilizados.

### Ángulos de talud

| Naturaleza de la tierra         | Angulo del talud |
|---------------------------------|------------------|
| Arena fina, seca                | 10° a 20°        |
| Arena fina, mojada              | 15° a 25°        |
| Grava media, ligeramente húmeda | 30° a 40°        |
| Tierra vegetal húmeda           | 30° a 45°        |
| Tierra muy compactada           | 40° a 50°        |
| Guijarros, escombros            | 40° a 50°        |
| Marga seca                      | 30° a 45°        |
| Arcilla seca                    | 30° a 50°        |
| Arcilla húmeda                  | 0° a 20°         |
| Roca solida                     | 50° a 90°        |

### 1.3.1.3. **Eliminación usando Faja transportadora**

Es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores. En construcción es utilizada para el transporte de material de excavación desde un punto de alimentación de material dentro del proyecto hacia un punto de descarga de material dentro de volquetes fuera del proyecto.

El uso de fajas transportadoras es un método práctico para la eliminación de material en proyectos de edificaciones, sin embargo, a veces se utiliza en conjunto con el uso de rampas. Un periodo de inicio adecuado de funcionamiento de la faja transportadora es entre el 2do y 3er nivel de excavación, siendo los primeros niveles eliminados mediante rampas. Esto se debe a que no se debe permitir que la rampa crezca más allá del 3er nivel, ya que las desventajas de la rampa comienzan a tener mayor efecto a medida que la excavación se profundiza (volumen de material a eliminar, cantidad de muros anclados por construir). Por ello es importante que el proceso de montaje de la faja comience lo antes posible, si es preciso junto con el inicio de la construcción de muros anclados, de tal forma que se gane tiempo en su proceso de montaje y esté lista cuando el proyecto se encuentre en el 2do nivel.



Figura 5 Método de Faja transportadora

La transición de rampa a faja transportadora en el 2do anillo permitirá la construcción de los muros que quedan debajo de la rampa, con lo cual la construcción de muros se hace mucho más homogénea y constante.

Finalmente dependerá del área y de la profundidad de cada proyecto para evaluar la posibilidad de seguir utilizando las fajas transportadoras.

El uso de una faja transportadora trae muchos beneficios en relación a la rampa ya explicados anteriormente, sin embargo, el simple montaje y uso de esta no traerá los beneficios esperados. A continuación, se mostrarán ciertos criterios a tomar en cuenta para poder obtener la producción esperada en eliminación de material con faja transportadora:

El tamaño de una faja transportadora va a depender de cada proyecto. Las dimensiones del proyecto y la profundidad son las que determinarán la longitud de faja necesaria, ya que esta requiere de cierta pendiente máxima de inclinación. Si la longitud de la faja es muy grande, esta no podrá ser abarcada por una sola faja principal, sino se tendrá que utilizar transiciones que funcionen como extensiones de la faja principal. Un estimado del número de transiciones se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 Numero de Transiciones por Sótanos

| # Sótanos      | Longitud de faja      |
|----------------|-----------------------|
| 1 - 3 sótanos  | 1 faja principal      |
| 4 - 7 sótanos  | 1 faja + 1 transición |
| 8 - 12 sótanos | 1 faja + 2 transición |



*Figura 6 Excavadoras alimentando faja*

La posición de la faja transportadora es un criterio muy importante a considerar. La faja transportadora en conjunto con las transiciones debe estar orientada hacia el centro del proyecto, de esa forma se puede concentrar todo el material a cortar y eliminar en el centro. Pero qué pasa si el espacio a trabajar es muy cerrado y las fajas no dejan libre todos los bordes del proyecto para la construcción de muros anclados. Además, se debe considerar que la faja transportadora se debe ubicar en el exterior de la obra y realizar el carguío de volquetes en la pista; sin embargo, esto podría afectar el tránsito frente al proyecto.

Ante situaciones como esta se puede considerar montar la faja sobre una escuadra metálica empotrada a los muros anclados. De esta forma se realiza el carguío de material en los volquetes en una zona fuera de la pista.



Figura 7 Frente de trabajo paralizado para otras actividades

La cantidad de fajas transportadoras a utilizar en el proyecto depende del total de material a excavar y de la velocidad con la cual se desea eliminar todo ese material. Una faja transportadora tiene un promedio de velocidad de eliminación de 700 m<sup>3</sup>/día, en condiciones normales.

Por cada faja transportadora en el proyecto se debería considerar un mínimo de 2 excavadoras. Una excavadora dedicada a la alimentación de material a la faja transportadora, mientras que la segunda excavadora se encarga de proveer material a la primera excavadora. Estos son los equipos mínimos requeridos para la eliminación de material de excavación. Además de estas excavadoras se tiene que considerar los equipos a utilizar para corte de terreno, encofrado y perfilado.

#### 1.3.1.4. **Método izaje vertical (método de elevadores)**

Una alternativa interesante que puede mejorar la productividad en las excavaciones, este método sube el material extraído en las excavaciones, pero en forma vertical, a través de elevadores con rieles fijados a los muros de estabilización y mediante el uso de chutes especialmente diseñados que son alimentados por una tolva ubicada en la profundidad hasta el

nivel cero y repartir la carga extraída a dos volquetes a la vez. También se tiene que considerar la capacidad del alimentador para aumentar la cantidad de eliminación de material de excavación extraído.

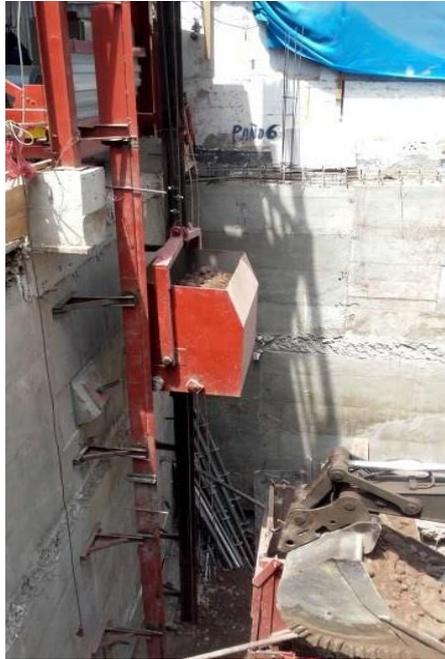


Figura 8 Método de Izaje Vertical



Figura 9 Torre de control de Método de Izaje Vertical

Es recomendable empezar paralelamente colocando los fijadores al muro anclado considerando la carga de elevación que soportaran estos muros anclados.



Figura 10 Eliminación mediante Método de Izaje Vertical

#### 1.3.1.5. Grúas Torre

Una grúa, es un equipo o maquinaria de funcionamiento electromecánico o hidráulico con eje vertical giratorio y un brazo de varias poleas, que sirve para levantar elementos y llevarlos de un punto a otro, dentro del círculo o brazo que describe.<sup>4</sup>

Es un aparato que tiene como destino y uso elevar y distribuir las cargas mediante un gancho suspendido de un cable que, este a su vez se desplaza por un carro a lo largo de la pluma.

La grúa se maneja con una cabina ubicada en la parte superior de la máquina y su soporte giratorio, tornamesa, se monta sobre la parte superior central de una torre vertical, cuya parte inferior se une a los cuerpos. La instalación de la grúa es temporal y está hecha perfectamente para soportar frecuentes

---

<sup>4</sup> Cfr. Grúas Torre y su Impacto en la Productividad 2014,2

montajes y desmontajes, así como traslados de sus partes entre distintos lugares. Este es utilizado para diferentes obras de construcción sin importar la envergadura.

Está constituida esencialmente por una torre metálica con un brazo horizontal giratorio, el cual puede también moverse de arriba hacia abajo, y motores de orientación, elevación y distribución o traslación de la carga, en todos los casos dependiendo del tipo de grúa.

En muchos de los casos, la grúa torre se empotra al suelo, sin usar lastre, sino usando una zapata o bien desplazarse sobre vías ruedas como muestran los equipos ligeros y modernos. La realización del montaje y desmontaje debe de ser usado por personas especializadas que cuenten con mucho tiempo de experiencia, ya que normalmente se usa para mover maquinas o equipos a gran altura.



Figura 11 Método de Grúa Torre con Baldes Basculantes

Asimismo, las operaciones del mantenimiento van a ir de la mano con la experiencia del encargado de la grúa y con los cuadros estándar de fábrica que tiene cada aparato.

La grúa se compone de tres partes: cabeza con brazos o plumas, torre desmontable y base. La primera, cabeza con brazos, esta dimensionada de acuerdo a la influencia de las características de cargas y alcances. La segunda, torre desmontable, esta dimensionada principalmente por la influencia de la característica de altura. La tercera está afectada por la influencia de las dos anteriores y tiene como misión principal la estabilidad tanto durante la carga como cuando está parada. Para este punto también habrá que tener en cuenta la posibilidad de movilidad de la grúa.<sup>5</sup>



Figura 12 Grúa Torre en proceso de ejecución de obra

La grúa torre, realiza su correspondiente desplazamiento sobre un carro y cuenta con un soporte giratorio que es generalmente montado sobre la parte superior de una torre vertical. La grúa tiene una base que está unida a la parte inferior de dicha torre. En cuanto a uno de los rasgos distintivos de este modelo de grúa, hay que destacar que su concepción siempre tuvo en cuenta el soporte de cargas y descargas realizadas con gran frecuencia, lo mismo se pensó en un tipo de grúa que efectuara muchos traslados entre emplazamientos varios. De ahí que el lugar donde es más utilizada la grúa torre sean las obras de

---

<sup>5</sup> Basurto 2008:52

construcción, también por su capacidad para llegar a grandes alturas. Su instalación, por lo pronto, es solo temporal. Cabe mencionarse que dentro de las grúas torre hay diferentes tipos. Una de ellas es la estacionaria (de base fija); otra es la desplazable (base que cuenta con medios de traslación); también está la grúa torre desmontable, grúa torre auto desplegable (común o monobloc) y grúa torre trepadora.



Figura 13 Balde Basculante de Grúa Torre

#### 1.3.1.6. Usos en la Construcción

(Risco, 2014) La grúa torre es la que normalmente se utiliza para las obras de construcción. Esta está diseñada de manera que pueda estar en continuo movimiento y trabajo de acarreo de material y, en la actualidad, haciendo izajes que agregan valor al proyecto como el vaciado de concreto, izaje de pre armados, prefabricados o la eliminación de material excedente . Tiene la capacidad de despiezarse habitualmente en elementos de fácil transporte tanto por su masa y volumen sobre un tráiler con semirremolque cama-alta que es de gran uso en la ciudad.

Las grúas torres más utilizadas son las grúas de aplicación rápida que se trasladan como unidad compacta, pudiendo ser montadas sin necesidad de otros medios auxiliares o al menos

que sean ligeras sin perder su capacidad de carga. Esto va a depender mucho de la empresa que requiere el trabajo, ya que varía en gran consideración respecto a los precios y otras características importantes. Antes se temía el uso de las grúas torre porque existía el miedo de incrementar los costos en la construcción, sin embargo, se han demostrado mediante mejores prácticas que el uso de una, ahora es insuficiente.

1.3.1.7. Herramientas y maquinarias a utilizar en una Eliminación mecánica.

La herramienta y el equipo que podemos emplear para cualquier eliminación, debe ser el indicado, porque juega un papel importante en el avance de la obra. Por tal razón el mantenimiento de estas herramientas debe ser constante durante este proceso. Las máquinas usadas frecuentemente en la eliminación de material excedente son las excavadoras, los camiones, las fajas transportadoras, los baldes basculantes apoyados por grúas torres o móviles, los elevadores o sistemas de izaje sobre riel y los winches.

1.3.1.8. **La legislación peruana**

(R.S. N° 021-83-TR, 83) Normas Básicas de seguridad e higiene en obras de edificación.

Precisar las condiciones mínimas de seguridad e higiene en obras de edificación, con el objeto de prevenir los riesgos ocupacionales y proteger la salud e integridad física y mental de los trabajadores, obligando tanto al empleador como al trabajador a cumplir su contenido, entre los cuales tenemos:

- De la circulación, orden y limpieza, iluminación y señalización
- De las Excavaciones
- Del Riesgo de Altura
- De la Maquinaria
- De las Escaleras y Rampas

- De los Andamios
- De la Electricidad
- De la Protección Personal
- De las Instalaciones provisionales

(Norma Técnica de Edificación E.050, 2006)

El objetivo de esta norma es especificar las consideraciones mínimas de seguridad a tener en cuenta en las actividades de construcción civil. Siendo su campo de aplicación: todas las actividades de construcción (trabajos de edificación, obras de uso público, trabajos de montaje, y desmontaje, cualquier proceso de operación y transporte en las obras, desde la preparación hasta la conclusión del proyecto).

(MTPE, 2012) Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo  
Procedimiento Guía de Movimiento De Tierra.

Entre los procedimientos que contempla esta guía relacionados a la eliminación se identifican los siguientes:

- ✓ Coordinaciones preliminares de supervisores y prevención de pérdidas en los niveles correspondientes de la organización.
- ✓ Examinar las propiedades colindantes antes de iniciar las operaciones.
- ✓ Obtención del Permiso de Trabajo.
- ✓ Charla de 5 minutos del trabajo a realizar y difusión del procedimiento a los trabajadores experimentados, entrenados y calificados.
- ✓ Análisis seguro de trabajo (AST).
- ✓ Revisión de todos los implementos de protección personal.
- ✓ Inspección general y limpieza de la zona.
- ✓ Verificar que las máquinas y equipos tengan el check list de pre uso con la respectiva firma del supervisor.

- ✓ Verificar y/o señalar el área de trabajo, desde 150 metros antes de la obra, empleando pinturas fosforescentes.
- ✓ Coloque letreros alertando sobre los riesgos. Por ejemplo: "CUIDADO EXCAVACION"; "PELIGRO NO SE ACERQUE"; "AREA DE TRABAJO-SOLO PERSONAL AUTORIZADO".
- ✓ Cerque todo el perímetro de la excavación con cinta amarilla de advertencia aun cuando use el material de la excavación como berma.
- ✓ Coloque señalizadores reflectivos cada cinco (5) metros
- ✓ En las tranqueras de acceso principal instalar personal de seguridad con equipo de comunicación que permita cumplir con su trabajo efectivamente.
- ✓ El Supervisor o Residente de Obra, dará la orden de inicio de la actividad al Jefe de Terreno.
- ✓ El Jefe de Terreno, verificará el estricto cumplimiento de los Estándares y procedimientos de Trabajo Seguro.
- ✓ Si por razones de espacio o por mala calidad del terreno se debe llevar un talud mayor al natural, deberá utilizarse sistemas de soporte o sostenimiento de las paredes de la excavación, simultáneamente con el avance de la misma, esto siempre que la profundidad de la excavación exceda de 1.5 metros para evitar el riesgo de desmoronamiento por pérdida de cohesión o acción de presiones originadas por colinas o edificios colindantes a los bordes o a otras causas tales como la circulación de vehículos o la acción de equipo pesado, que generen incremento de presiones y vibraciones. El sostenimiento será diseñado por un Ingeniero Civil Colegiado.
- ✓ Instalar la maquinaria pesada (palas, retroexcavadoras, camiones, grupos, etc.) a una distancia no menor de 1.0 veces la profundidad de la excavación.
- ✓ El material producto de la excavación u otro material acopiado en la superficie, deberá quedar como mínimo a una distancia del borde igual a la mitad de la profundidad de la excavación.

En caso de suelos muy deleznales, la distancia de acopio será mayor o igual a la profundidad de la excavación.

1.3.1.9. Definición de sótano en edificio

(RNE, 2006 pág. 576290) Un sótano es la parte de una edificación cuyo techo se encuentra hasta 0.50 m. por encima del nivel medio de la vereda. Se considera también como sótano la parte de una edificación que emerge del terreno circundante en un porcentaje inferior del 50% de la superficie total de sus parámetros exteriores, aun cuando una o más de sus fachadas quedan al descubierto parcial o totalmente. No puede estar destinado a vivienda.

## 1.4. Formulación del problema

### 1.4.1 General

¿De qué manera el método de izaje en la eliminación del material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro - Lima?

### 1.4.2 Específicos

#### Problema específico 1

¿De qué manera los procedimientos de eliminación mejoran la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima?

#### Problema específico 2

¿De qué forma el equipo de eliminación de material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima?

#### Problema específico 3

¿De qué manera la zona de área de trabajo influye en la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima?

## **1.5. Justificación del estudio**

### **1.5.1 Teórica**

La justificación radica en la exposición y difusión de las teorías expuestas por (Cano, 2014) y (Barrios, 2011) quienes mediante la aplicación de método de izaje buscan dar solución y mejora a los procesos de excavación en sótanos para edificios.

### **1.5.2 Metodológica**

Para lograr los objetivos de esta tesis, se acude al empleo de técnicas de investigación como el cuestionario y su procesamiento en Excel software que permitan medir las acciones de cada actividad de eliminación. Con ello se pretende conocer el rendimiento y la eficiencia incluyendo el clima laboral de los recursos empleados. El presente estudio sirve para la elaboración de futuros proyectos de excavaciones y eliminación los cuales serán de referencia para aquellas empresas constructoras que se dediquen a este rubro.

### **1.5.3 Técnica**

Técnicamente se justifica porque el método de izaje en la eliminación de material se encuentra enmarcados en la normatividad vigente emitidas como son: (MTPE, 2012) Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo Procedimiento Guía de Movimiento De Tierra, (R.S. N° 021-83-TR, 83) Normas Básicas de seguridad e higiene en obras de edificación, (Norma Técnica de Edificación E.050, 2006).

### **1.5.4 Practica**

De acuerdo con los objetivos de estudio, su resultado permite encontrar soluciones concretas a problemas de eliminación, que inciden en la productividad de la partida movimiento de tierras. Con tales resultados se tendrá también la posibilidad de proponer métodos de eliminación más fluidos de acuerdo al tipo de excavación y al tipo de máquinas a emplear. Mejorando la productividad en la eliminación y excavación profunda y vertical

#### 1.5.5 Económica

El presente trabajo de investigación busca demostrar que el método de eliminación mecánica mediante el izaje vertical, minimizan costos y tiempos y maximizan su productividad, así como la optimización de los recursos con que se cuenta para esta actividad. Haciendo más competitivas e incrementando la rentabilidad de las empresas constructoras que se dedican a este rubro de excavaciones, demoliciones y eliminación.

#### 1.5.6 Social

Se justificará socialmente ya que se creará un clima con menos exposición al peligro y cumplimiento dentro del tiempo estimado.

### 1.6. Hipótesis

El método de izaje en la eliminación de material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.

#### 1.6.1 Específicas

Hipótesis específica 1

Los procedimientos de eliminación mejoran la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.

Hipótesis específica 2

El equipo de eliminación de material excedente, mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.

Hipótesis específica 3

Las condiciones de la zona de trabajo influyen la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.

## **1.7. Objetivo**

### **1.7.1 General**

Determinar de qué manera la aplicación del método de izaje en la eliminación de material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.

### **1.7.2 Específicos**

#### **Objetivo específico 1**

Determinar cómo los procedimientos de eliminación mejoran la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.

#### **Objetivo específico 2**

Determinar cómo el equipo de eliminación de material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.

#### **Objetivo específico 3**

Determinar cómo las condiciones de la zona de trabajo influyen en la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.

## **II. MÉTODOLOGIA**

### 2.1 **Diseño de investigación**

Por su diseño metodológico se caracterizó por ser una investigación No Experimental ya que no se manipula deliberadamente las variables (Hernández, 2012)

### 2.2 **Tipo de investigación**

Según su finalidad se define como una Investigación aplicada. Según (Javier, 2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

### 2.3 **Nivel de investigación**

La presente Investigación es explicativa porque tiene una relación causal entre las variables y busca acercarse al problema. (Hernández, 2012)

### 2.4 **Población y muestra**

Población:

Según (Arias, 2012 pág. 81) es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. Para nuestra investigación la población está conformada por los 960.75 m<sup>2</sup> a cinco niveles abajo.

Muestra:

Según (Lopez, 2013 pág. 41) Considera que la muestra está formada por un grupo pequeño de individuos de una población y para poder ser representativa debe estar formada por el 30% de dicha población como mínimo. En este caso se tomará como muestra el de 15 metros de ancho por 20 metros de largo a dos niveles abajo.

## Muestreo: MUESTREO PROBABILISTICO

De acuerdo la investigación realizada se aplicará un Muestreo Probabilístico, cualquiera de los 960.75 m2 es probable que se obtenga el mismo resultado.

### 2.5 **Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### 2.3.1. Técnica

Según (Lopez, 2013 pág. 44) señala que las técnicas son las diversas maneras de obtener la información, mientras que los instrumentos son las herramientas que se utilizan para la recolección, almacenamiento y procesamiento de la información recogida.

Para nuestra investigación la técnica viene a ser los documentos de análisis y los documentos observacionales y los instrumentos son el personal involucrado, las fichas técnicas e información de campo necesaria para el planteamiento de los objetivos.

Se recolecto la información necesaria en el área de eliminación y se empleó la técnica de análisis documental. Por otro lado la información recolectada en campo permitió obtener datos importantes para el desarrollo de la presente investigación.

##### 2.3.1.1. Análisis documental

Según el autor (Fidias G, 2012 pág. 27), define a la investigación documental como un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas, como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

Para esto nos apoyamos en la documentación registrada en trabajado de excavación y eliminación anteriores proporcionados por la fuente (empresa Flesan del Perú Sac y empresa Prienco Servicios

Generales SRL) y todo aquello que permita tener información respecto a las variables empleadas en esta investigación.

#### 2.3.1.2. Observación Estructurada

Este tipo de observación nos permite poder realizar un estudio más profundo y objetivo de los indicadores que desean medirse y/o observarse, mediante este tipo de observación permite obtener datos finales ya que pone parámetros al investigador. En nuestro caso se usó una lista de control o ficha de registro mediante el cual se registró la frecuencia de las actividades repetitivas como son el izaje de subida y bajada del elevador, así como el carguío y baseado del material a eliminar. Desarrollar la capacidad para utilizar indicios o pequeños detalles que signifiquen algo que tiene relevancia en relación a lo que se quiere estudiar (Ezequiel, 2011 págs. 121,122).

#### 2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Para el presente trabajo de investigación se usaron fichas de recolección de datos en la zona de muestreo ya que es donde se encuentra en el punto de acopio e instalación del equipo mecánico de izaje para la eliminación de material extraído en la excavación, y estos datos fueron registrados a una base de datos de formato Excel.

#### 2.3.3. Validez.

Según (Ana Maria, 2003 pág. 134) “la validez representa la posibilidad de que un método de investigación sea capaz de responder a las interrogantes formuladas. La fiabilidad designa la capacidad de obtener los mismos resultados de diferentes situaciones. La fiabilidad no se refiere directamente a los datos, sino a las técnicas de instrumentos de medida y observación, es decir, al grado en que las respuestas son independientes de las circunstancias accidentales de la investigación. Para dar validez al trabajo relacionado con la

recolección de información para el desarrollo del presente trabajo investigación se someterá al juicio de tres expertos. Asimismo según (Guarisma, 1995 pág. 85) una medición es confiable y segura cuando aplicada repetitivamente a un mismo grupo o al mismo tiempo por investigadores diferentes da iguales o parecidos resultados.

## 2.6 **Método de análisis de datos**

Para analizar los datos recolectados, así como para la contratación de hipótesis se procederá a usar tablas y gráficos de elaboración propia mediante el formato Excel.

Para la presente investigación se realizó un análisis descriptivo considerando promedios, desviación estándar y tablas de frecuencias sobre todo en las actividades repetitivas que involucra e la eliminación de material extraído mediante el método de izaje vertical.

## 2.7 **Aspectos Éticos**

El presente trabajo de investigación se enmarca dentro de cumplimiento de los valores de ética profesional y respetando la autenticidad de los resultados obtenidos, así como la confiabilidad de los datos recolectados y/o proporcionados por la empresa Flesan del Perú SAC y Prienco Servicios Generales SRL.

### **III. ANALISIS Y RESULTADOS**

Para poder determinar el cumplimiento de los objetivos de la tesis se procedió al análisis de cada uno de las tablas siguientes las mismas que fueron registradas en formato Excel.

La tabla siguiente nos permite determinar el número de unidades de volquetes necesarias para poder eliminar el volumen extraído cada día. Este cálculo se realizó teniendo en cuenta la cantidad de muros que obedece el diseño entre el rendimiento de muros anclados por día

Tabla 2 Producción diaria según el avance de muros anclados vs el número de volquetes por día

| Niveles | Altura por nivel | Volumen (m <sup>3</sup> ) s/e | Volumen (m <sup>3</sup> ) c/e (1) | Cantidad de muros por nivel | Días útiles (2) | Días calendarios | Volumen a eliminar (1/2) (m <sup>3</sup> )/día | N° volquetes por día |
|---------|------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|--|----------------------|
| 1       | 3.5              | 3,362.63                      | 4,203.28                          | 24                          | 12              | 16               | 350.27   | 19                   |
| 2       | 3.5              | 3,362.63                      | 4,203.28                          | 22                          | 11              | 15               | 382.12   | 21                   |
| 3       | 3.5              | 3,362.63                      | 4,203.28                          | 28                          | 14              | 18               | 300.23   | 17                   |
| 4       | 3.5              | 3,362.63                      | 4,203.28                          | 26                          | 13              | 17               | 323.33   | 18                   |
| 5       | 3.5              | 3,362.63                      | 4,203.28                          | 26                          | 13              | 17               | 323.33   | 18                   |
| 6       | 3.5              | 3,362.63                      | 4,203.28                          | 26                          | 13              | 17               | 323.33   | 18                   |
| 7       | 3.5              | 3,362.63                      | 4,203.28                          | 28                          | 14              | 18               | 300.23   | 17                   |
| 8       | 3.5              | 3,362.63                      | 4,203.28                          | 28                          | 14              | 18               | 300.23   | 17                   |

|  |
|--|
| Área : 960.75 m <sup>2</sup>           |
| Factor de esponjamiento: 25 %          |
| Cubicaje de volquete 18 m <sup>3</sup> |
| Rendimiento muros/día 2 und.           |
| Dimensiones del terreno 30.5 x 31.5 m. |

Fuente: Flesan del Perú SAC

Asi mismo en los anexos se presenta el cuadro para la elaboración del histograma que demuestra el volumen de eliminación de material excedente por día y según el nivel de avance alimentado por el método de izaje vertical el mismo que guarda relación con la cantidad de volquetes calculados en la tabla N° 01.

Teniendo el número de volquetes ya establecido, se procede a determinar el tiempo que emplea en eliminar el material usando el método de la rampa, para esto la tabla siguiente nos presenta la siguiente información:

Tabla 3 Determinación del tiempo para eliminar material mediante el uso de la rampa - nivel 1 y nivel 2

| N° | Descripción   | Unidad         | Nivel 1  | Nivel 2  |
|----|---|----------------|----------|----------|
|    |   |                | (altura) | (altura) |
|    |   |                | 3.5 m.   | 3.5 m.   |
| 1  | Total de Volumen por nivel sin esponjamiento                  | m <sup>3</sup> | 3,362.63 | 3,362.63 |
| 2  | Total Volumen de rampa sin esponjamiento                      | m <sup>3</sup> | 646.88   | 2,891.30 |
| 3  | Factor de esponjamiento                                       | %              | 1.25     | 1.25     |
| 4  | Volumen a eliminar esponjado ((1-2)*3)                        | m <sup>3</sup> | 3,530.47 | 612.72   |
| 5  | Flota de volquetes  | unid.          | 15       | 15       |
| 6  | Capacidad de tolva de volquetes                               | m <sup>3</sup> | 18       | 18       |
| 7  | Numero de vueltas por volquete                                | cant.          | 4.13     | 4.13     |
| 8  | Recorrido de obra al botadero (ida y vuelta)                  | minutos        | 110      | 110      |
| 9  | Carguío y salida de volquete en de obra                       | minutos        | 7.5      | 7.7      |
| 10 | Horas por volquete al día                                     | horas          | 8        | 8        |
| 11 | Horas del día laboral   | horas          | 8        | 8        |
| 12 | Eficiencia  | %              | 85       | 85       |
| 13 | Volumen total eliminado por día (esponjado)<br>(5*6*7*12/100) | m <sup>3</sup> | 947.84   | 947.84   |
| 14 | Volumen total eliminado por día (sin esponjado)(13/1.25)      | m <sup>3</sup> | 729.10   | 729.10   |
| 15 | Número de viajes al día (13/6)                                | viajes         | 53       | 53       |
| 16 | Días útiles totales para eliminación (4/13)                   | días           | 4        | 1        |
| 17 | Días de preparación de rampa y primer volumen                 | días           | 2        | 1        |
| 18 | Días calendarios totales para eliminación (16+17)             | días           | 6        | 2        |
| 19 | Meses para eliminación con rampa (18/30)                      | mes            | 0.2      | 0.1      |

Fuente: Flesan del Perú S.A.C

Cabe señalar que, por las condiciones especiales del terreno, este método solo es aplicable para los dos primeros niveles, ya que debido a la reducida área de trabajo y la profundidad de excavación no se puede

pronunciar la pendiente de la rampa, puesto que los camiones no podrían subir.

En la tabla antes descrita se considera el total de volumen extraído en el primer y segundo nivel a esto se le descuenta el total del volumen de la rampa que es usada por los camiones, aplicando a esta diferencia un factor de esponjamiento de 25 % el cual nos permitirá contar con el volumen a eliminar. Habiéndose determinado el tiempo de recorrido de la obra al botadero, así como el número de volquetes con una capacidad de 18 m<sup>3</sup> y el número de vueltas que puede dar cada unidad, considerando un rendimiento del 85 % se procede a calcular el volumen total de material esponjado y por día el cual nos permitirá saber el número de viajes por día y a su vez el número de días necesarios (expresado en meses) para eliminar el total de material extraído en los niveles 1 y 2.

La siguiente tabla muestra los costos de excavación y el costo de eliminación en m<sup>3</sup>.

Tabla 4 Costo de eliminación y excavación por m<sup>3</sup>

| Niveles | Costo de eliminación (S./.) / m <sup>3</sup> | Costo de excavación (S./.) / m <sup>3</sup> | Total S/. | Total US\$ |
|---------|--|---|-----------|------------|
| 1 y 2   | 18.50  | 6.10  | 24.60     | 7.24       |
| 3 al 8  | 18.50  | 9.20  | 27.70     | 8.15       |

Tabla 5 Costos totales por niveles método de rampa

| Niveles | Costo de excavación y eliminación (US\$) / m <sup>3</sup> | Volumen (m <sup>3</sup> ) | Total US\$ |
|---------|---|---------------------------|------------|
| 1 y 2   | 7.24  | 6,725.25                  | 48,659.16  |
| 3 al 8  | 8.15  | 20,175.75                 | 164,373.02 |
|         |   | 26,901.00                 | 213,032.18 |

En la tabla 5 se considera los costos de eliminación teniendo en consideración el volumen total de los niveles 1 y 2 así como el costo total considerando el volumen total de los niveles 3 al 8.

La siguiente tabla considera la faja transportadora desde el tercer nivel hasta octavo nivel, puesto que se asume que los dos primeros niveles son realizados con el método de la rampa.

Tabla 6 Determinación del tiempo de eliminación de material faja trasportadora Niveles 3,4,5,6,7 y 8

| N° | Descripción  | Unidad             | Nivel 3       | Nivel 4       | Nivel 5       | Nivel 6       | Nivel 7       | Nivel 8       |
|----|--|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|    |  |                    | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 |
| 1  | Total de Volumen por nivel sin esponjamiento           | m <sup>3</sup>     | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      |
| 3  | Factor de esponjamiento                                | %                  | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          |
| 4  | Volumen de excavación masiva esponjado                 | m <sup>3</sup>     | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      |
| 5  | Rendimiento de faja en tn/hora                         | tn/hr              | 90            | 90            | 90            | 90            | 90            | 90            |
| 6  | peso específico del material a eliminar                | kg/m <sup>3</sup>  | 1800          | 1800          | 1800          | 1800          | 1800          | 1800          |
| 7  | Horas del día laboral                                  | horas              | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             |
| 8  | Volumen por día  | m <sup>3</sup>     | 485.2         | 485.2         | 485.2         | 485.2         | 485.2         | 485.2         |
| 9  | Tiempo de ascenso de material (20 sg a 30 sg)          | seg                | 20            | 25            | 30            | 35            | 40            | 45            |
| 10 | velocidad de faja                                      | m/seg              | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           |
| 11 | Volumen de material sobre faja                         | m <sup>3</sup>     | 0.7           | 0.7           | 0.7           | 0.7           | 0.7           | 0.7           |
| 12 | Tiempo para cargar 1 m <sup>3</sup>                    | min/m <sup>3</sup> | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           |
| 13 | Volumen de carga por hora esponjado                    | m <sup>3</sup>     | 70            | 70            | 75            | 75            | 80            | 80            |
| 14 | Volumen total eliminado al final del esponjado         | m <sup>3</sup>     | 560.00        | 560.00        | 600.00        | 600.00        | 640.00        | 640.00        |
| 15 | Eficiencia del sistema de producción mediante faja     | %                  | 0.90          | 0.70          | 0.45          | 0.40          | 0.35          | 0.30          |
| 16 | Total volumen eliminado al final del día esponjado     | m <sup>3</sup>     | 504           | 392           | 270           | 240           | 224           | 192           |
| 17 | Total volumen eliminado al final del día sin esponjado | m <sup>3</sup>     | 403           | 314           | 216           | 192           | 179           | 154           |
| 18 | Totales de días útiles para eliminación                | días               | 8             | 11            | 16            | 18            | 19            | 22            |
| 19 | Totales de días calendarios para la eliminación        | días               | 12            | 15            | 20            | 22            | 23            | 26            |
| 20 | Tiempo en meses para eliminación                       | mes                | 0.4           | 0.5           | 0.7           | 0.7           | 0.8           | 0.9           |

Fuente: Flesan del Perú S.A.C

Se puede determinar que este método realiza la actividad de eliminación en un periodo de 118 días, pero solo del tercer al octavo nivel al cual se le debe de incrementar los días utilizados mediante el método de la rampa

La siguiente tabla muestra los componentes de los costos fijos que se asumen como pago único por el alquiler del equipo de faja transportadora, es necesario precisar que estos gastos son pagados por única vez y a la firma del contrato.

Tabla 7 Desagregado de costos fijos en el alquiler de faja transportadora

| Componentes de costos fijos       | US\$      |
|-----------------------------------|-----------|
| Traslado de equipo de faja a obra | 6,750.00  |
| Montaje y desmontaje de faja      | 10,360.00 |
| Acoplamiento e uniones            | 3,205.00  |
| Total                             | 20,315.00 |

Fuente : Flesan del Perú SAC

| Descripción de los costos                         | Precio mensual US\$ | Tiempo (mes) | Total US\$ |
|---|---------------------|--------------|------------|
| Traslado, montaje, desmontaje                     |                     |              | 20,315.00  |
| Alquiler mensual o 200 hm trabajadas              | 26,440.00           | 4.2          | 111,048.00 |
| Gastos de combustible y energía                   | 7,950.25            | 4.2          | 33,391.05  |
| Operador  | 1,720.00            | 4.2          | 7,224.00   |
| personal de apoyo                                 | 1,420.00            | 4.2          | 5,964.00   |
| consumibles                                       | 210.30              | 4.2          | 883.26     |
| Total   |                     |              | 178,825.31 |
| Cantidad de material a eliminar en m <sup>3</sup> |                     |              | 26,901.00  |
| Costo por metro <sup>3</sup> en dólares           |                     |              | 6.65       |

Fuente: Flesan del Perú SAC

La siguiente tabla determina el precio en dólares por m<sup>3</sup> utilizando grúa torre, material puesto en la tolva de los camiones, el tiempo estimado para la excavación es de 4.5 meses. Dentro de los gastos de combustibles y energía se consideró según fuente, un generador eléctrico diésel de 200 KW de potencia, marca Aggreco modelo QSB7G5 con un consumo de 45 Litros/hora equivalente a 11.8877 galones/hora.

Tabla 8 Desagregado de costos fijos en el alquiler de grúa torre

| Componentes de costos fijos                     | US\$      |
|---|-----------|
| Traslado de grúa torre                          | 2,586.40  |
| Montaje y desmontaje de grúa torre              | 1,855.50  |
| Grúas auxiliares para montaje                   | 6,505.50  |
| Certificación de operatividad de la maquinaria  | 5,550.25  |
| Certificación homologado del operador de equipo | 255.35    |
| Certificación homologado del maniobrista        | 140.40    |
| Total   | 16,893.40 |

Fuente : Flesan del Perú S.A.C

En el siguiente cuadro se muestra el costo total incluyendo los costos fijos antes descritos, es necesario tener en cuenta que el área del terreno es de 960.75 m<sup>2</sup> con una profundidad total de 28 m, lo que permite hallar el volumen de la cantidad de material extraído a eliminar al cual se le agrega un 25% de esponjamiento.

Tabla 9 Costo por m<sup>3</sup> - utilizando grúa torre

| Descripción de los costos  | Precio mensual ( US\$) | Tiempo (mes) | Total US\$ |
|--|------------------------|--------------|------------|
| Costo fijo por montaje y desmontaje de grúa torre más certificación de equipo completo |                        |              | 16,893.40  |
| Eliminación de material extraído   | 16,700.00              | 4.5          | 75,150.00  |
| Gastos de combustible y energía  | 12,500.00              | 4.5          | 56,250.00  |
| Total  |                        |              | 148,293.40 |
| Cantidad de material a eliminar en m <sup>3</sup>                                      |                        |              | 28,822.50  |
| Costo por metro <sup>3</sup> en dólares  |                        |              | 5.15       |

Fuente : Flesan del Perú S.A.C

El cuadro siguiente de tiempos empleado por la grua torre desde el tercer nivel hasta octavo nivel, puesto que se asume que los dos primeros niveles son realizados con el método de la rampa.

Tabla 10 Determinación del tiempo para la eliminación de material usando grua torre - Niveles a considerar 3,4,5,6,7 y 8

| N° | Descripción  | Unidad         | Nivel 3       | Nivel 4       | Nivel 5       | Nivel 6       | Nivel 7       | Nivel 8       |
|----|--|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|    |  |                | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 | altura<br>3.5 |
| 1  | Total de Volumen por nivel sin esponjamiento           | m <sup>3</sup> | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      |
| 3  | Factor de esponjamiento                                | %              | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          |
| 4  | Volumen de excavación masiva esponjado                 | m <sup>3</sup> | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      |
| 5  | Capacidad del balde                                    | m <sup>3</sup> | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             | 3             |
| 6  | peso de la carga más balde                             | kg             | 5600          | 5600          | 5600          | 5600          | 5600          | 5600          |
| 7  | Horas del día laboral                                  | horas          | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             |
| 8  | Tiempo de carga y enganche                             | minutos        | 1.5           | 1.5           | 1.5           | 1.5           | 1.5           | 1.5           |
| 9  | Tiempo de izaje de subida más giro                     | minutos        | 0.5           | 0.6           | 0.65          | 0.7           | 0.75          | 0.8           |
| 10 | Tiempo de posicionamiento                              | minutos        | 1             | 1             | 1             | 1             | 1             | 1             |
| 11 | Tiempo de descarga                                     | minutos        | 1.3           | 1.3           | 1.3           | 1.3           | 1.3           | 1.3           |
| 12 | Tiempo de izaje de bajada más giro                     | minutos        | 0.5           | 0.6           | 0.65          | 0.7           | 0.75          | 0.8           |
| 13 | Ciclo Total  | minutos        | 4.8           | 5             | 5.1           | 5.2           | 5.3           | 5.4           |
| 14 | Eficiencia   | %              | 0.87          | 0.87          | 0.87          | 0.80          | 0.80          | 0.75          |
| 15 | Número de viajes de grúa por hora                      | Unidad         | 11            | 10            | 10            | 9             | 9             | 8             |
| 16 | Volumen cargado por hora esponjado                     | m <sup>3</sup> | 32.63         | 31.32         | 30.71         | 27.69         | 27.17         | 25.00         |
| 17 | Total volumen eliminado al final del día esponjado     | m <sup>3</sup> | 261           | 251           | 246           | 222           | 217           | 200           |
| 18 | Total volumen eliminado al final del día sin esponjado | m <sup>3</sup> | 209           | 200           | 197           | 177           | 174           | 160           |
| 19 | Totales de días útiles para eliminación                | días           | 16            | 17            | 17            | 19            | 19            | 21            |
| 20 | Totales de días calendarios para la eliminación        | días           | 23            | 24            | 24            | 26            | 26            | 28            |
| 21 | Tiempo en meses para eliminación                       | mes            | 0.8           | 0.8           | 0.8           | 0.9           | 0.9           | 0.9           |

Fuente : Fleshan del Perú

A continuación, se presenta los costos relacionados al método de izaje vertical, que al igual que la grúa torre exige un pago único por instalación, tal como se detalla a continuación:

Tabla 11 Costos por uso de método de izaje vertical - única vez

| Descripción de los costos fijos                           | Unidad         | Costo en S/. | US\$      |
|---|----------------|--------------|-----------|
| Montaje y desmontaje mas certificación de equipo completo | unid           | 25,200.00    | 7,411.76  |
| traslado de equipo  | m <sup>3</sup> | 1,200.00     | 352.94    |
| Gastos de combustible y energía                           | Global         | 54,260.00    | 15,958.82 |
| certificación de operador                                 | unid           | 5,500.00     | 1,617.65  |
| certificación de maniobrista                              | unid           | 8,200.00     | 2,411.76  |
| Costo Total por única vez                                 |                | 94,360.00    | 27,752.94 |

Fuente : Propia

A diferencia de otros métodos de eliminación el siguiente método si realiza las actividades de eliminación desde el nivel 1 hasta el nivel 8, permitiendo obtener los siguientes costos

Tabla 12 Costos por M<sup>3</sup> empleando el método de izaje

| Costos por niveles                           | S/.   | US\$ | Total costo en US\$ |
|--|-------|------|---------------------|
| Costos fijos                                 |       |      | 27,752.94           |
| Costo de eliminación en 1-3 nivel            | 10.00 | 2.94 | 37,087.78           |
| Costo de eliminación en 4-8 nivel            | 12.00 | 3.53 | 74,175.55           |
| Total costo                                  |       |      | 139,016.27          |
| Total costo promedio en US\$/ m <sup>3</sup> |       |      | 4.13                |

Para calcular el costo promedio se por m<sup>3</sup> se consideró el siguiente volumen:

Tabla 13 Cantidad de material a eliminar mediante el método de izaje

| Eliminación de material extraído          | m <sup>3</sup> s/e | m <sup>3</sup> c/e |
|---|--------------------|--------------------|
| Cantidad de material a eliminar 1-3 nivel | 10,087.88          | 12,609.84          |
| Cantidad de material a eliminar 3-8 nivel | 16,813.13          | 21,016.41          |
| Total a eliminar                          | 26,901.00          | 33,626.25          |

A continuación, se realizó la toma de tiempos del método de izaje vertical, se debe señalar que este método realiza la eliminación desde el primer nivel ya que sus rieles van fijos desde el nivel cero hasta el nivel ocho, sin necesitar de apoyarse del método de rampa, asimismo este método solo ocupa parte del lateral que da a la av. Los robles sin necesidad de obstaculizar las demás actividades.

Tabla 14 Determinación del tiempo para la eliminación de material usando el método de izaje vertical Todos los Niveles

| N° | Descripción   | Unidad             | Nivel 1       | Nivel 2       | Nivel 3       | Nivel 4       | Nivel 5       | Nivel 6       | Nivel 7       | Nivel 8       |
|----|---|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|    |   |                    | altura<br>3.5 |
| 1  | Total de Volumen por nivel sin esponjamiento                    | m <sup>3</sup>     | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      | 3,362.63      |
| 3  | Factor de esponjamiento   | %                  | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          | 1.25          |
| 4  | Volumen de excavación masiva esponjado                          | m <sup>3</sup>     | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      | 4,203.28      |
| 5  | Rendimiento del sistema   | tn/hr              | 115           | 115           | 115           | 115           | 115           | 115           | 115           | 115           |
| 6  | peso específico del material a eliminar                         | kg/m <sup>3</sup>  | 1800          | 1800          | 1800          | 1800          | 1800          | 1800          | 1800          | 1800          |
| 7  | Horas del día laboral   | horas              | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             | 8             |
| 8  | Volumen por día   | m <sup>3</sup>     | 550           | 550.25        | 485.2         | 485.2         | 485.2         | 485.2         | 485.2         | 485.2         |
| 9  | Tiempo de ascenso de material (15 sg a 30 sg)                   | seg                | 15            | 17            | 20            | 23            | 26            | 29            | 30            | 33            |
| 10 | Tiempo para cargar 1 m <sup>3</sup>                             | min/m <sup>3</sup> | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           |
| 11 | Volumen de carga por hora esponjado                             | m <sup>3</sup>     | 93            | 93            | 93            | 93            | 93            | 93            | 93            | 93            |
| 12 | Volumen total eliminado al final del esponjado                  | m <sup>3</sup>     | 744.00        | 744.00        | 744.00        | 744.00        | 744.00        | 744.00        | 744.00        | 744.00        |
| 13 | Eficiencia del sistema de producción mediante el izaje vertical | %                  | 0.95          | 0.95          | 0.90          | 0.90          | 0.85          | 0.85          | 0.80          | 0.80          |
| 14 | Total volumen eliminado al final del día esponjado              | m <sup>3</sup>     | 707           | 707           | 670           | 670           | 632           | 632           | 595           | 595           |
| 15 | Total volumen eliminado al final del día sin esponjado          | m <sup>3</sup>     | 565           | 565           | 536           | 536           | 506           | 506           | 476           | 476           |
| 16 | Totales de días útiles para eliminación                         | días               | 7             | 7             | 8             | 8             | 8             | 8             | 9             | 9             |
| 17 | Totales de días calendarios para la eliminación                 | días               | 13            | 13            | 14            | 14            | 14            | 14            | 15            | 15            |
| 18 | Tiempo en meses para eliminación                                | mes                | 0.4           | 0.4           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           | 0.5           |

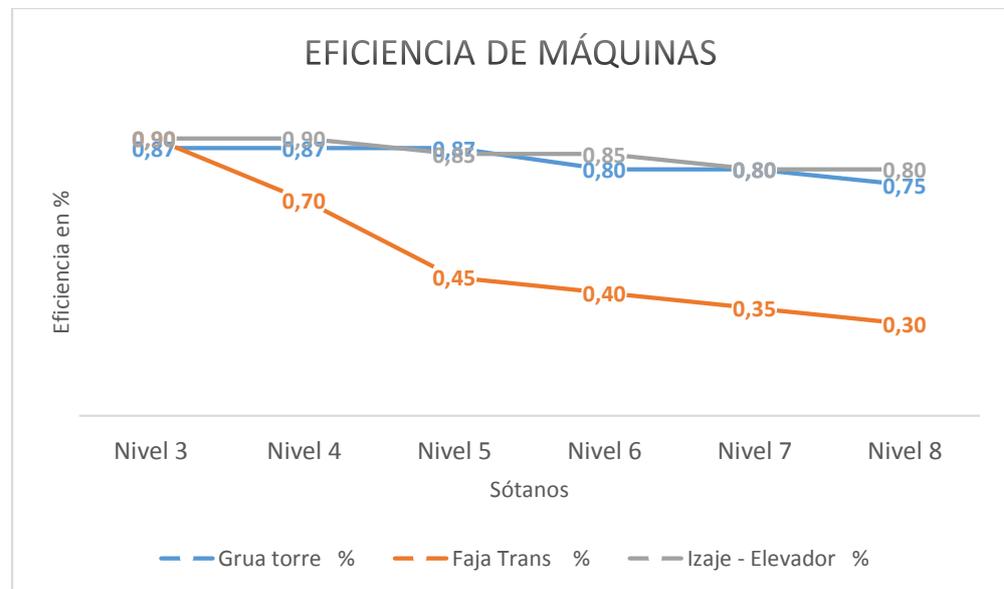
Fuente : Propia

La siguiente tabla muestra la eficiencia en porcentajes (%) de las maquinas empleadas para la eliminación de material excedente, en este caso se hace una comparación a partir del tercer nivel ya que es en esos niveles donde los tres métodos tienen igualdad de condiciones sin apoyo del uso de la rampa.

Tabla 15 Porcentajes de eficiencia

| Métodos de eliminación | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 | Nivel 7 | Nivel 8 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Grúa torre %           | 0.87    | 0.87    | 0.87    | 0.80    | 0.80    | 0.75    |
| Faja Trans %           | 0.90    | 0.70    | 0.45    | 0.40    | 0.35    | 0.30    |
| Izaje - Elevador %     | 0.90    | 0.90    | 0.85    | 0.85    | 0.80    | 0.80    |

Fuente : Propia

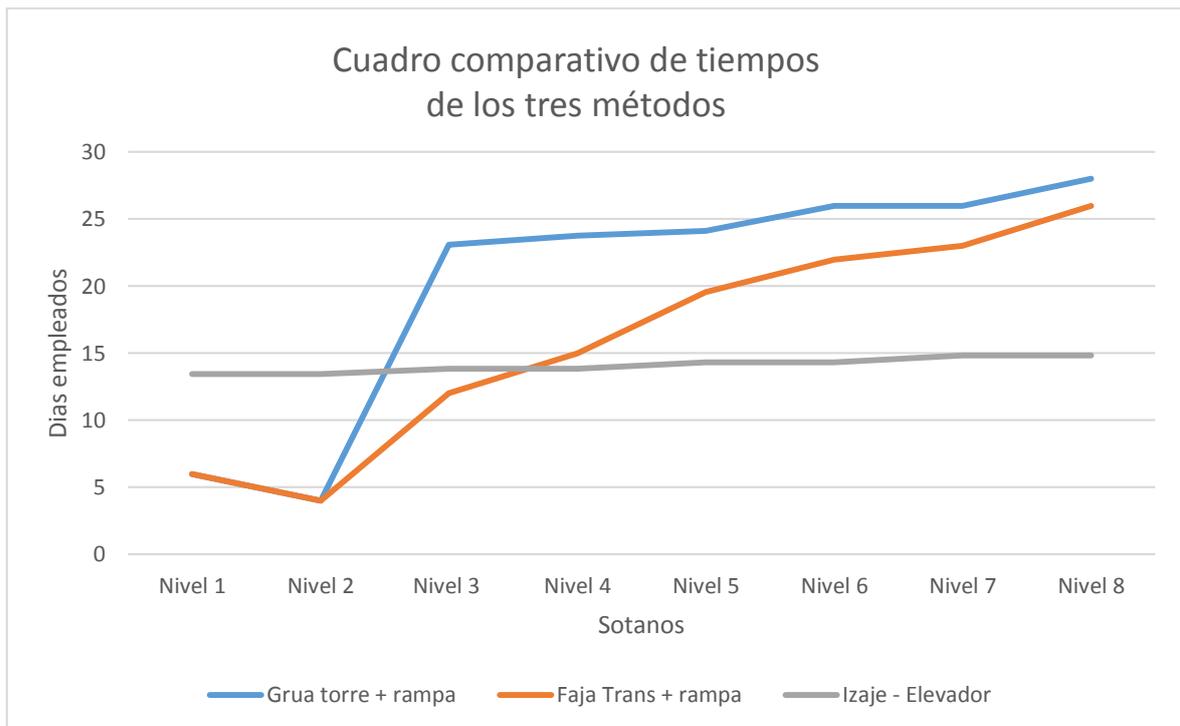


Se observa que debido a los niveles de mayor profundidad el método de faja transportadora va perdiendo eficiencia, esto se debe a las condiciones del terreno ya que se puede extender puesto que solo se cuenta con 30.5m x 31.5 m largo por ancho teniendo que ocupar los laterales de la obra y congestionando las demás actividades, así mismo a medida que baja su ángulo de inclinación se hace menor .

El cuadro siguiente hace un comparativo en tiempo de las diferentes alternativas de eliminación.

Tabla 16 comparación los tres métodos

| Métodos de eliminación | Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 | Nivel 7 | Nivel 8 | Total de Días |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|
| Grúa torre + rampa     | 6       | 4       | 23      | 24      | 24      | 26      | 26      | 28      | 161           |
| Faja Trans + rampa     | 6       | 4       | 12      | 15      | 20      | 22      | 23      | 26      | 128           |
| Izaje - Elevador       | 13      | 13      | 14      | 14      | 14      | 14      | 15      | 15      | 113           |



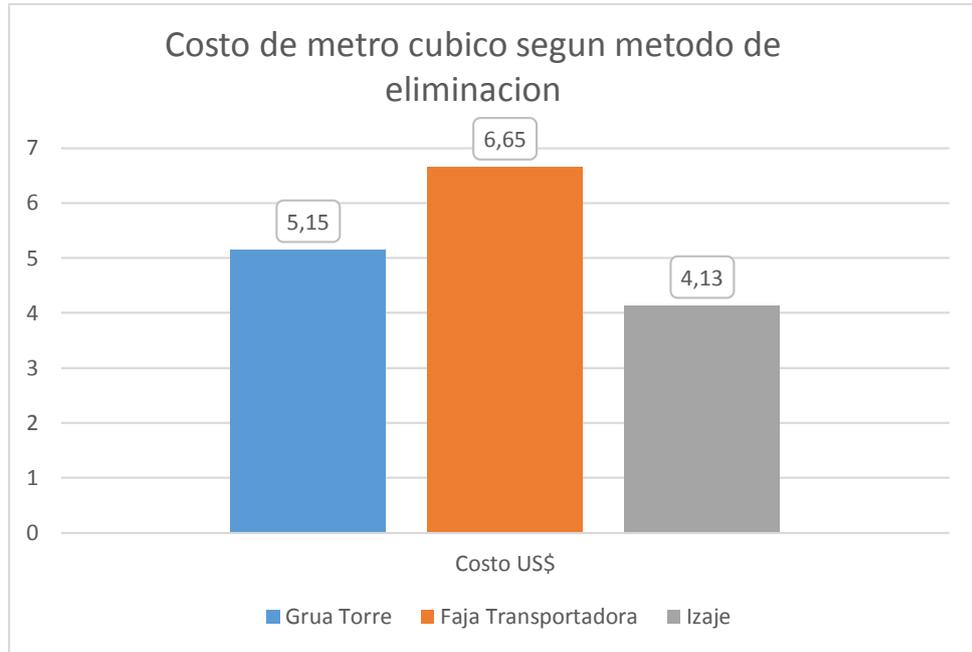
A continuación, presento el cuadro comparativo de precios, el mismo que se hace notar que el método de izaje vertical es mucho más económico en comparación a los otros métodos.

Tabla 17 Costo por M<sup>3</sup>

| Método de eliminación | Costo US\$ |
|-----------------------|------------|
| Grúa Torre            | 5.15       |
| Faja Transportadora   | 6.65       |
| Izaje                 | 4.13       |

Fuente : Propia

Grafica que evidencia el comportamiento del costo por m<sup>3</sup> según método aplicado



#### **IV. DISCUSSION**

A través de los resultados obtenidos se puede evidenciar que hay cierta relación con la tesis (Cano, 2014) Aplicación de Métodos de Productividad en las Operaciones de Equipos de Movimiento de Tierras. Ya que en ambas se realiza un control y mejoramiento de la productividad en base a la toma de tiempos y costos de cada ciclo de la operación a evaluar, de manera que puede definir el tipo de maquinaria de eliminación con que trabajar material excedente.

El mejoramiento de la productividad se refleja directamente en la rentabilidad de la empresa constructora, haciéndola más competitiva frente a otras empresas. El éxito de la implementación de este método y la aplicación del método de izaje vertical en la eliminación de material excedente crea un precedente para su aplicación en futuros proyectos, que permite disminuir los costos de las operaciones.

Asimismo, ambos estudios de investigación establecen que son los procedimientos aplicados, así como el tipo de equipo que se selecciona y los medios laborales los que tienen influencia directa sobre el mejoramiento de rendimiento en excavaciones.

En tal sentido mediante la tabla N° 15 y la figura N°. Se evidencia un comparativo de tiempos expresado en días y asimismo tabla N° 16 y la figura N° determina que los costos de este método de izaje es menor en comparación a los otros métodos. Las tablas en mención relacionan cada alternativa de eliminación, a fin de poder determinar el de mejor costo y menor tiempo.

Además es necesario precisar que bajo estas condiciones especiales donde se desarrolla la obra, la faja transportadora tiene un buen rendimiento pero solo en el tercer nivel ya que posterior a este nivel la faja transportadora ocupa las paredes laterales del terreno e impidiendo que se desarrolle trabajos bajo la faja ya que podría ocasionar accidentes y más aún cuando los espacios a trabajar son reducidos donde la faja tiene que realizar muchos quiebres debido a la profundidad lo cual confinaría mucho más el área de trabajo. Esto trae serios retrasos ya que se estaría paralizando actividades propias de la excavación teniéndose que solo realizar una de las tres

actividades que se desarrollan en este proceso como son eliminar, excavar y poner los muros anclados.

Sin embargo, el uso de esta nueva técnica de izaje vertical paralizaría en parte solo un frente, permitiendo que se continúe con demás actividades y por menos tiempo que la faja transportadora.

Así mismo el porcentaje de eficiencia de la faja es del 50% tal como se aprecia en la tabla N° 15 demuestra cómo va descendiendo del 90% al 30 % esto debido a la profundidad con el ángulo de inclinación que emplea este método

El porcentaje de eficiencia del método grúa torre es de 87 % descendiendo al 75 % es necesario precisar que existe un tiempo muerto principalmente por el giro que realiza este equipo, así como por el enganche de la tolva de elevación lo que hace perder la eficiencia.

Mientras que el método de izaje vertical tiene una eficiencia de 90% al 80 % debido al flujo constante y limpio con la que sube, descarga y baja, mostrando resultados óptimos a nivel de productividad.

Se puede hacer mención que el método de izaje vertical cumple con las exigencias del proyecto ya que el tiempo empleado por el método de izaje vertical es menor que el tiempo presentado por los otros medios de eliminación como son el uso de rampas, las fajas transportadoras y los baldes basculantes apoyados por la grúa torre.

Este método de izaje vertical permite terminar la eliminación en 113 días, comparado como la faja que demora 128 días calendarios y el método grúa torre 161 días. Asimismo, el costo de alquiler resulta menor que las demás alternativas, por tal razón influye en la productividad de los procesos de excavación profunda para la construcción de un edificio, ya que los equipos mecánicos logran mejorar la fluidez de los materiales a eliminar gracias a la continuidad y la verticalidad con los que lo suben al nivel cero.

Esta situación de contar con limitaciones en la reducida área de trabajo, los espacios colindantes con edificaciones propicia las condiciones para el uso de este método dentro de la normatividad vigente en materia de seguridad en obra.

Se debe dejar en claro que bajo estas circunstancias como contar con espacio libre o no confinado otros métodos tendrían mejor productividad así mismo este método de izaje solo se puede usar hasta los 30 metros de profundidad debido a que va perdiendo estabilidad y resistencia a la carga.

## **V. CONCLUSIONES**

El método de izaje en la eliminación de material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima. Ya que se logra minimizar los costos de operación, así como el tiempo empleado, maximizando a su vez el uso de los recursos empleado. Tal como lo menciona (Barrios, 2011) quien sostiene que un buen resultado en los trabajos de excavación y eliminación, se consigue relacionando adecuadamente el procedimiento de eliminación, el equipo de eliminación y las condiciones del área de trabajo. Asimismo, (Cano, 2014) señala que la productividad en los procesos de excavación se asocia con la cantidad producida y el buen manejo de los recursos empleados a fin de conseguir resultados eficiente en esta actividad..

Los procedimientos de eliminación de material excedente, mejoran la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima. Al respecto la información cuantitativa recolecta en campo muestra que el sistema de izaje vertical en la eliminación de material excedente tiene un mejor comportamiento frente a los otros sistemas de eliminación ya que reduce el tiempo en 15 días a la faja transportadora y calendarios y se minimiza los costos ya que el costo por m<sup>3</sup> del método de izaje se determinó en US\$ 4.13, la faja transportadora US\$ 6.15 y la grúa torre en US\$ 5.15. Lo cual representa una mejor rentabilidad para las empresas constructoras

El equipo de eliminación de material excedente, mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima. ya que permite mayor fluidez y continuidad en la eliminación de material excedente, así mismo posee un costo menor en el armado e instalación del mismo.

Las condiciones de la zona de trabajo influyen en la productividad las condiciones de la zona de trabajo influyen en la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima. Al respecto la zona de trabajo puede alterar el normal desarrollo del proceso de excavación y eliminación ya que mucho de los sistemas como la faja transportadora o la grúa torre solo interrumpen las actividades paralelas de la excavación. Contrariamente se puede afirmar que el método de izaje aplicado en áreas abiertas no podría superar al método de la faja transportadora, ni al método de rampa.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Luego del análisis de los resultados se recomienda a las empresas constructoras y a las empresas dedicadas al movimiento de tierras aplicar el método de izaje o elevadores, ya que sus procedimientos de eliminación permiten que el equipo mecánico desarrolle esta actividad en forma continua y fluida sobre todo en zonas cuya área se va confinando, pero que no exceda los 30 metros de profundidad. Ello permitirá mejorar la productividad y por ende maximizar su rentabilidad en los procesos de excavaciones en la construcción de edificios.

A las empresas dedicadas al movimiento de tierras, se le recomienda obtener información técnica de los procedimientos de eliminación de este interesante método de izaje. A fin de poder tener un mejor control en cada uno de los indicadores que interviene en la actividad de eliminación.

A las empresas constructoras dedicadas a la ejecución de obras de edificación con sótanos se les recomienda invertir en este equipo de eliminación ya que en relación a otros métodos permite trabajar sin depender del tipo de la naturaleza del material ya que poseen buena capacidad de carga, velocidad de subida y un buen rendimiento de acuerdo a la profundidad. Esto permitirá tener con mayor fluidez y continuidad en las operaciones de eliminación de material excedente en sótanos para edificios.

Por último, se recomienda al personal involucrado en la programación de obras y que aplique este método de izaje, considerar la zona de trabajo ya que influirá y limitará el rendimiento de cualquier sistema de eliminación y esto a su vez se verá reflejado en los costos y tiempo que se emplean e con este método.

## Bibliografía

- Ana Maria, Rusque. 2003.** *De la Diversidad a la Unidad de la Investigación Cualitativa.* Venezuela : s.n., 2003.
- Anzules , Guevara Manuel Arturo. 2009.** *Excavaciones Profundas .* Guayaquil : s.n., 2009.
- Arias, Fidias G. 2012.** *El Proyecto de Investigacion Introduccion a la metodologia Cientifica.* Caracas - Venezuela : Editorial Episteme, 2012.
- Barrios, Luis Roberto Moscoso. 2011.** *Metodologia para la ejecución y control de excavaciones en sotanos para edificios.* Guatemala : s.n., 2011.
- Cano, Ricardo Canturín. 2014.** *Aplicación de metodos de productividad en las operaciones de Movimeinto de Tierras .* Lima Perú : s.n., 2014.
- Excavaciones y Demoliciones - AAED. Argentina, Asociacion. 2016.* Argentina : s.n., 2016.
- Ezequiel, Ander - EGG. 2011.** *Aprender a investigar: Nociones básicas para la Investigación Social.* Córdoba : Brujas, 2011. pág. 172. ISBN: 978-987-591-271-7.
- Fidias G, Arias. 2012.** *El Proyecto de la Investigación.* Venezuela : s.n., 2012.
- G. Arias, Fidias. 2012.** *El Proyecto de Investigacion Introducción a la Metodología Científica.* sexta. Caracas : Episteme, C.A., 2012. págs. 980-07-8529-9.
- García, David. 2015.** *La Excavación Urbana y los Edificios Vecinos.* Barcelona : s.n., 2015.
- Gaston Moreno, David. 2011.** *Los metodos de eliminación en obra.* Mexico : s.n., 2011.
- Guarisma, Sanchez y. 1995.** *Métodos de Investigación.* Venezuela : s.n., 1995.
- Hernández, Marisol. 2012.** *TIPOS Y NIVELES DE INVESTIGACIÓN.* Venezuela : s.n., 2012.
- Javier, Murillo. 2008.** *La investigación científica.* España : s.n., 2008.
- Lopez, F. 2013.** *El ABC de la revolucion metodologica.* Venezuela : s.n., 2013.
- MTPE, Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo . 2012.** *Procedimiento de Guia de Excavación.* Perú : s.n., 2012.
- MTPE, Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. 2012.** *Procedimeinto y Guia de Movimiento de Tierra.* Perú : s.n., 2012.
- Niebel, Benjamin. 2001.** *Metodos estandares y productividad.* Mexico : s.n., 2001.
- Norma Tecnica de Edificación E.050, Suelos y Cimentaciones Ministerio de Vvienda, Construcción y Saneamiento. 2006.** *Norma Técnica de Edificaciones E.050 "Suelos y cimentaciones".* 2006.
- OSHA, Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. 2016.** *Peligros de Excavación.* EEUU : s.n., 2016.
- Palella Stracuzzi, Santa. 2010.** *metodologia de Investigación Cuantitativa.* Venezuela : s.n., 2010.
- R.S. Nº 021-83-TR, MTPE Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. 83.** *Las Normas básicas de seguridad e higiene en obras de edificación.* 83.
- Riffon de Angulo, Mario. 2012.** *Modelos mecanicos de eliminación.* Quito - Ecuador : s.n., 2012.
- Risco, Víctor Alejandro Cuzcano. 2014.** *Metodología de evaluación para definir el modelo de GRÚA.* Lima : s.n., 2014.
- Rivera, Junior Anthony Brantt Parian. 2016.** *Analisis de Alternativa de eliminación de material en la ejecución de una edificacion de once sotanos en la ciudad de Lima.* Lima : s.n., 2016.
- RNE, Reglamento Nacional de Edificaciones. 2006.** *Reglamento Nacional de Edificaciones.* 2006.
- Roberto, Vargas Sanches. 2010.** *La Maquinaria Pesasa en el Movimiento de Tierras.* Mexico : s.n., 2010.
- Soto Barria, Luis. 2009.** *Analisis Tecnico y economico del movimiento de tierras del proyecto habitacional Loteo.* Chile : s.n., 2009.
- Tarilonte, Juan Cherné. 2013.** *Movimiento de tierras y la maquinaria .* España : s.n., 2013.
- Valderrama Mendoza, Santiago Rufo. 2013.** *Guia para elaborar tesis universitaria.* Trujillo Perú : s.n., 2013.

# ANEXO

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES - "APLICACIÓN DEL MÉTODO DE IZAJE EN LA ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE EXCAVACIÓN EN SÓTANOS PARA EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO - LIMA – 2017"

| Variable   | Definición conceptual   | Operacional   | Dimensiones                   | Indicadores   | instrumento     |                 |
|--|---|---|-------------------------------|---|-----------------|-----------------|
| Variable Independiente:<br><br>MÉTODO DE IZAJE EN LA ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | "Es el conjunto de operaciones organizadas para eliminar de forma parcial o total el material extraído en una excavación o demolición de una construcción, con empleo mayoritario de equipos mecánicos". (Barrios, 2011)                            | El método mecánico de eliminación utiliza tres dimensiones y a través de ellas busca eliminar el material extraído en una excavación, donde se emplean técnicas de arrastre, carguños, o de elevación. En los métodos de eliminación se considera los procedimientos técnicos, el equipo y las condiciones de trabajo | Procedimientos de eliminación | Estudios estratigráficos<br>Área de trabajo<br>Tipo de Excavación<br>Tipo de muro de contención<br>Construcciones colindantes<br>Naturaleza del material<br>Profundidad de excavación | Fichas Técnicas |                 |
|  |   |   | Equipo de eliminación         | Velocidad de subida y bajada<br>Ciclo de trabajo<br>Naturaleza del material<br>Rendimiento<br>Capacidad de carga<br>Profundidad de excavación   |                 |                 |
|  |   |   | Zona de trabajo               | Área de trabajo<br>Profundidad de excavación<br>Interferencias  |                 |                 |
| Variable Dependiente:<br><br>PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE EXCAVACION               | "La productividad en obras se asocia con rendimiento o cantidad producida y esto implica un buen manejo de los recursos a fin de conseguir resultados que vuelvan eficiente todas las labores desarrolladas dentro de esta actividad". (Cano, 2014) | La productividad en los procesos de eliminación se evalúa tomado en cuenta dos dimensiones que son Cantidad producida y los Recursos empleados.   | Cantidad producida            | Eficiencia y efectividad<br>Evaluación de Tiempo<br>Evaluación de Costo<br>Rendimiento  |                 | Fichas Técnicas |
|  |   |   | Recursos empleados            | Recursos materiales<br>Recursos humanos   |                 |                 |

**MATRIZ DE CONSISTENCIA “APLICACIÓN DEL MÉTODO DE IZAJE EN LA ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE EXCAVACIÓN EN SÓTANOS PARA EDIFICACIONES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO - LIMA – 2017”**

| Problemas   | Objetivos  | Hipótesis   | Variables   | Dimensiones   | Indicadores  | Metodología   |
|---|--|---|---|---|--|---|
| <p><b>PROBLEMA GENERAL:</b><br/>¿De qué manera el método de izaje en la eliminación del material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro - Lima?</p>   | <p><b>OBJETIVO GENERAL:</b><br/>Determinar de qué manera la aplicación del método de izaje en la eliminación de material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.</p>  | <p><b>HIPOTESIS GENERAL:</b><br/>El método de izaje en la eliminación de material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.</p>  | <p><b>MÉTODO DE IZAJE EN LA ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE</b></p> | <p>Procedimientos de eliminación</p>  | <p>Estudios estratigráficos<br/>Área de trabajo<br/>Tipo de Excavación<br/>Tipo de muro de contención<br/>Construcciones colindantes<br/>Naturaleza del material<br/>Profundidad de excavación</p> | <p><b>ENFOQUE:</b> Cuantitativo<br/><b>METODO:</b> Deductivo<br/><b>TIPO:</b> Aplicada<br/><b>NIVEL:</b> Explicativo<br/><b>DISEÑO:</b> Pre Experimental.<br/><b>POBLACION:</b> Según (Arias, 2012 pág. 81) es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación.<br/><b>MUESTRA:</b> Según (Lopez, 2013) indica que la muestra está formada por un grupo pequeño de individuos de una población y para poder ser representativa debe estar formada por el 30% de dicha población como mínimo.<br/><b>MUESTRA:</b> Muestreo por selección de área 15m x 20m a 2 niveles abajo.</p> |
|   |  |   | <p>Equipo de eliminación de material excedente</p>                    | <p>Velocidad de subida y bajada<br/>Ciclo de trabajo<br/>Naturaleza del material<br/>Rendimiento<br/>Capacidad de carga<br/>Profundidad de excavación</p> |  |   |
|   |  |   | <p>Zona de trabajo</p>  | <p>Área de trabajo<br/>Profundidad de excavación<br/>Interferencias</p>   |  |   |
| <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS.</b><br/>¿De qué manera los procedimientos de eliminación mejoran la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima?<br/><br/>¿De qué forma el equipo de eliminación de material excedente de mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima?<br/><br/>¿De qué manera la zona de área de trabajo influye en la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima?</p> | <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar cómo los procedimientos de eliminación mejoran la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.</li> <li>• Determinar cómo el equipo de eliminación de material excedente mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.</li> <li>• Determinar cómo las condiciones de la zona de trabajo influyen en la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.</li> </ul> | <p><b>HIPOTESIS ESPECIFICOS.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los procedimientos de eliminación mejoran la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.</li> <li>• El equipo de eliminación de material excedente, mejora la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.</li> <li>• Las condiciones de la zona de trabajo influye la productividad en los procesos de excavación en edificaciones de San Isidro – Lima.</li> </ul> | <p><b>PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE EXCAVACION</b></p>             | <p>Cantidad producida</p>   | <p>Eficiencia y efectividad<br/>Evaluación de Tiempo<br/>Evaluación de Costo<br/>Rendimiento</p>   |   |
|   |  |   | <p>Recursos empleados</p>   | <p>Materiales<br/>Humanos</p>   |  |   |



Figura 14 Metodo de Izaje Vertical en ejecución



Figura 15 Metodo de Izaje momento de descarga



Figura 16 Tolva de camión esperando descarga - Método de Izaje



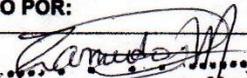
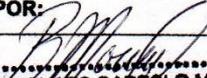
Figura 17 Método de Izaje Vertical, momento de bajada

### Análisis de validez y confiabilidad

**Proyecto de Tesis:** APLICACIÓN DEL MÉTODO DE IZAJE EN LA ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE EXCAVACION EN SÓTANOS PARA EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE LIMA – 2017.

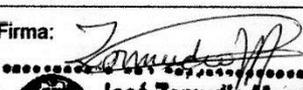
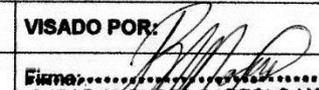
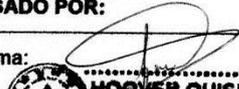
| Validación de los instrumentos de medición                         |           | Rango   |                              |                        |                            |                                   |                        |             |
|--|-----------|---|------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------|
|  |           | Validez nula:<br>0,53 a menos   | Validez baja:<br>0,54 a 0,59 | Valida:<br>0,60 a 0,65 | Muy válida:<br>0,66 a 0,71 | Excelente validez:<br>0,72 a 0,99 | Validez perfecta:<br>1 |             |
| <b>V1: MÉTODO DE IZAJE EN LA ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE</b> |           |   |                              |                        |                            |                                   |                        |             |
|  | <b>D1</b> | Procedimientos de eliminación   |                              |                        |                            |                                   |                        | 1           |
|  |           | 1: Estudios Estratigráficos<br>2: Área de trabajo<br>3: Tipos de excavación<br>4: Tipo de muro de contención<br>5: Construcciones colindantes<br>6: Naturaleza del terreno<br>7: Profundidad de excavación. |                              |                        |                            |                                   |                        |             |
|  | <b>D2</b> | Equipo de eliminación   |                              |                        |                            |                                   | 0,75                   |             |
|  |           | 1: Velocidad de subida y bajada<br>2: Naturaleza del material<br>3: Rendimiento<br>4: Capacidad de carga<br>5: Profundidad de excavación  |                              |                        |                            |                                   |                        |             |
|  | <b>D3</b> | Zona de trabajo   |                              |                        |                            |                                   |                        | 1           |
|  |           | 1: Área de Trabajo<br>2: Profundidad de excavación<br>3: Interferencia  |                              |                        |                            |                                   |                        |             |
| <b>V2: PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS DE EXCAVACION</b>             |           |   |                              |                        |                            |                                   |                        |             |
|  | <b>D1</b> | Cantidad Producida  |                              |                        |                            |                                   |                        | 1           |
|  |           | 1: Eficiencia Efectiva<br>2: Evaluación de tiempo<br>3: Evaluación de los costos<br>4: Rendimiento  |                              |                        |                            |                                   |                        |             |
|  | <b>D2</b> | Recursos empleados  |                              |                        | 0,60                       |                                   |                        |             |
|  |           | 1: Materiales<br>2: Humanos   |                              |                        |                            |                                   |                        |             |
|  |           | <b>TOTAL</b>  |                              |                        |                            |                                   |                        | <b>0,85</b> |

Lugar y fecha:

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>VISADO POR:</b>  | <b>VISADO POR:</b>   | <b>VISADO POR:</b>  |
| Firma:   | Firma:    | Firma:   |
|  <b>José Zamudio Morales</b><br>INGENIERO CIVIL<br>REG. CIP N° 82787 |  <b>CESAR AUGUSTO BARTOLO MORAN</b><br>INGENIERO CIVIL<br>REG. CIP N° 48984 |  <b>HOOPER QUISPE RAMOS</b><br>INGENIERO CIVIL<br>REG. CIP N° 114284 |
| Nombre:   | Nombre:  | Nombre:   |
| DNI:  | DNI:   | DNI:  |
| Registro CIP:   | Registro CIP:  | Registro CIP:   |

| VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN |   | Val 1                 | Val 2    | Val 3 |
|--|---|-----------------------|----------|-------|
| D1   | Procedimientos de eliminación   |                       |          | 1     |
|  | 1: Estudios Estratigráficos<br>2: Área de trabajo<br>3: Tipos de excavación<br>4: Tipo de muro de contención<br>5: Construcciones colindantes<br>6: Naturaleza del terreno<br>7: Profundidad de excavación. |                       |          |       |
|  | D2  | Equipo de eliminación |          | 1     |
| D3   | 1: Velocidad de subida y bajada<br>2: Naturaleza del material<br>3: Rendimiento<br>4: Capacidad de carga<br>5: Profundidad de excavación  |                       |          |       |
|  | Zona de trabajo   |                       |          | 1     |
| D1   | 1: Área de Trabajo<br>2: Profundidad de excavación<br>3: Interferencia  |                       |          |       |
|  | Cantidad producida  |                       |          | 1     |
| D2   | 1: Eficiencia Efectiva<br>2: Evaluación de tiempo<br>3: Evaluación de los costos<br>4: Rendimiento  |                       |          |       |
|  | Recursos empleados  |                       | 1        |       |
| D2   | 1: Materiales<br>2: Humanos   |                       |          |       |
|  | <b>TOTAL</b>  |                       | <b>5</b> |       |

Lugar y fecha:

| VISADO POR:  | VISADO POR:   | VISADO POR:  |
|--|---|--|
| Firma:    | Firma:   | Firma:    |
|  <b>José Zamudio Morales</b><br>INGENIERO CIVIL<br>REG. CIP. N° 82797 |  <b>CESAR AUGUSTO BARTOLO MORAN</b><br>INGENIERO CIVIL<br>Reg. CIP. N° 48984 |  <b>HOOVER QUISPE RAMOS</b><br>INGENIERO CIVIL<br>REG. CIP. N° 114284 |
| Nombre:  | Nombre:   | Nombre:  |
| DNI:   | DNI:  | DNI:   |
| Registro CIP:  | Registro CIP:   | Registro CIP:  |

**FICHA TECNICA**

|  |          |
|--|----------|
| <b>RECOLECCION DE DATOS ANTES EN ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE</b> | Revisión |
|  | Fecha:   |
|  | Página:  |

|                             |                |                        |              |
|-----------------------------|----------------|------------------------|--------------|
| <b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> |                | <b>N° CORRELATIVO:</b> |              |
| <b>CLIENTE:</b>             |                | <b>FECHA INICIO:</b>   |              |
| <b>PLANO REF.:</b>          | <b>FRENTE:</b> | <b>NIVELES:</b>        | <b>AREA:</b> |

**DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:**

**PROFUNDIDAD :**

**TIPO DE EXCAVACION:**

Excavación Masiva       Excavación Estructural       Excavación Humeda       Excavación en Roca

| ITEM | DESCRIPCION DE ACTIVIDADES            | SI | NO | N.A. | OBSERVACIONES |
|------|---------------------------------------|----|----|------|---------------|
| 1    | Revisión de planos y especificaciones |    |    |      |               |
| 2    | Autorización de Excavación            |    |    |      |               |
| 3    | Análisis de Trabajo Seguro (ATS)      |    |    |      |               |
| 4    | Verificación Topográfica              |    |    |      |               |
| 5    | Ubicación de Interferencias           |    |    |      |               |
| 6    | Perfilado de taludes                  |    |    |      |               |
| 7    | Información de Niveles Freaticos      |    |    |      |               |
| 8    | Estudios estratigraficos              |    |    |      |               |
| 9    | Construcciones colindantes            |    |    |      |               |
| 10   | Estudios de mecanica de suelos        |    |    |      |               |
| 11   | Aspectos administrativos              |    |    |      |               |

(\*) Autorizado por el Cliente y/o la Supervisión

(\*\*) La excavación en zona de Interferencias debe realizarse en forma manual y de acuerdo a los Planos existentes.

**DATOS DE CAMPO:**

- Nivel de terreno (Previo a Excav.): \_\_\_\_\_ - Interferencia: \_\_\_\_\_

- Volumen calculado de eliminación \_\_\_\_\_

- % esponjamiento de suelo \_\_\_\_\_

- Tipo de mecanismo de eliminación \_\_\_\_\_

- PLANO Y ESQUEMA    SI     NO

**ADJUNTO:**

**OBSERVACIONES**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p align="center"><b>VISADO POR:</b></p> <p>Firma: </p> <p align="center"><b>José Zamudio Morales</b><br/>INGENIERO CIVIL<br/>C/P: 82797</p> | <p align="center"><b>VISADO POR:</b></p> <p>Firma: </p> <p align="center"><b>GESAR AUGUSTO BARTOLO MORAN</b><br/>INGENIERO CIVIL<br/>Reg. CIP. N° 48884</p> | <p align="center"><b>VISADO POR:</b></p> <p>Firma: </p> <p align="center"><b>OVER QUISPE RAMOS</b><br/>INGENIERO CIVIL<br/>REG. CIP N° 114384</p> |
|--|---|---|

Rregistro de la eliminación de material por fecha mediante método de izaje

| Nivel | Días útiles | Fecha     |            | Volumen eliminado por día (m <sup>3</sup> ) | Volumen acumulado (m <sup>3</sup> ) | Volumen por nivel (m <sup>3</sup> ) |
|-------|-------------|-----------|------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1     | 1           | Lunes     | 01/04/2017 | 350.27                                      | 350.27                              | 4,203.24                            |
|       | 2           | Martes    | 02/04/2017 | 350.27                                      | 700.54                              |                                     |
|       | 3           | Miércoles | 03/04/2017 | 350.27                                      | 1,050.81                            |                                     |
|       | 4           | Jueves    | 04/04/2017 | 350.27                                      | 1,401.08                            |                                     |
|       | 5           | Viernes   | 05/04/2017 | 350.27                                      | 1,751.35                            |                                     |
|       | 6           | Sábado    | 06/04/2017 | 350.27                                      | 2,101.62                            |                                     |
|       | 7           | Lunes     | 08/04/2017 | 350.27                                      | 2,451.89                            |                                     |
|       | 8           | Martes    | 09/04/2017 | 350.27                                      | 2,802.16                            |                                     |
|       | 9           | Miércoles | 10/04/2017 | 350.27                                      | 3,152.43                            |                                     |
|       | 10          | Jueves    | 11/04/2017 | 350.27                                      | 3,502.70                            |                                     |
|       | 11          | Viernes   | 12/04/2017 | 350.27                                      | 3,852.97                            |                                     |
|       | 12          | Sábado    | 13/04/2017 | 350.27                                      | 4,203.24                            |                                     |
| 2     | 1           | Lunes     | 15/04/2017 | 382.12                                      | 4,585.36                            | 4,203.32                            |
|       | 2           | Martes    | 16/04/2017 | 382.12                                      | 4,967.48                            |                                     |
|       | 3           | Miércoles | 17/04/2017 | 382.12                                      | 5,349.60                            |                                     |
|       | 4           | Jueves    | 18/04/2017 | 382.12                                      | 5,731.72                            |                                     |
|       | 5           | Viernes   | 19/04/2017 | 382.12                                      | 6,113.84                            |                                     |
|       | 6           | Sábado    | 20/04/2017 | 382.12                                      | 6,495.96                            |                                     |
|       | 7           | Lunes     | 22/04/2017 | 382.12                                      | 6,878.08                            |                                     |
|       | 8           | Martes    | 23/04/2017 | 382.12                                      | 7,260.20                            |                                     |
|       | 9           | Miércoles | 24/04/2017 | 382.12                                      | 7,642.32                            |                                     |
|       | 10          | Jueves    | 25/04/2017 | 382.12                                      | 8,024.44                            |                                     |
|       | 11          | Viernes   | 26/04/2017 | 382.12                                      | 8,406.56                            |                                     |

Fuente Propia

| Nivel | Días útiles | Fecha     |            | Volumen eliminado por día (m <sup>3</sup> ) | Volumen acumulado (m <sup>3</sup> ) | Volumen por nivel (m <sup>3</sup> ) |
|-------|-------------|-----------|------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 3     | 1           | Sábado    | 27/04/2017 | 300.23                                      | 8,706.79                            | 4,203.22                            |
|       | 2           | Lunes     | 29/04/2017 | 300.23                                      | 9,007.02                            |                                     |
|       | 3           | Martes    | 30/04/2017 | 300.23                                      | 9,307.25                            |                                     |
|       | 4           | Miércoles | 01/05/2017 | 300.23                                      | 9,607.48                            |                                     |
|       | 5           | Jueves    | 02/05/2017 | 300.23                                      | 9,907.71                            |                                     |
|       | 6           | Viernes   | 03/05/2017 | 300.23                                      | 10,207.94                           |                                     |
|       | 7           | Sábado    | 04/05/2017 | 300.23                                      | 10,508.17                           |                                     |
|       | 8           | Lunes     | 06/05/2017 | 300.23                                      | 10,808.40                           |                                     |
|       | 9           | Martes    | 07/05/2017 | 300.23                                      | 11,108.63                           |                                     |
|       | 10          | Miércoles | 08/05/2017 | 300.23                                      | 11,408.86                           |                                     |
|       | 11          | Jueves    | 09/05/2017 | 300.23                                      | 11,709.09                           |                                     |
|       | 12          | Viernes   | 10/05/2017 | 300.23                                      | 12,009.32                           |                                     |
|       | 13          | Sábado    | 11/05/2017 | 300.23                                      | 12,309.55                           |                                     |
|       | 14          | Lunes     | 13/05/2017 | 300.23                                      | 12,609.78                           |                                     |
| 4     | 1           | Martes    | 14/05/2017 | 323.33                                      | 12,933.11                           | 4,203.29                            |
|       | 2           | Miércoles | 15/05/2017 | 323.33                                      | 13,256.44                           |                                     |
|       | 3           | Jueves    | 16/05/2017 | 323.33                                      | 13,579.77                           |                                     |
|       | 4           | Viernes   | 17/05/2017 | 323.33                                      | 13,903.10                           |                                     |
|       | 5           | Sábado    | 18/05/2017 | 323.33                                      | 14,226.43                           |                                     |
|       | 6           | Lunes     | 20/05/2017 | 323.33                                      | 14,549.76                           |                                     |
|       | 7           | Martes    | 21/05/2017 | 323.33                                      | 14,873.09                           |                                     |
|       | 8           | Miércoles | 22/05/2017 | 323.33                                      | 15,196.42                           |                                     |
|       | 9           | Jueves    | 23/05/2017 | 323.33                                      | 15,519.75                           |                                     |
|       | 10          | Viernes   | 24/05/2017 | 323.33                                      | 15,843.08                           |                                     |
|       | 11          | Sábado    | 25/05/2017 | 323.33                                      | 16,166.41                           |                                     |
|       | 12          | Lunes     | 27/05/2017 | 323.33                                      | 16,489.74                           |                                     |
|       | 13          | Martes    | 28/05/2017 | 323.33                                      | 16,813.07                           |                                     |
| 5     | 1           | Miércoles | 29/05/2017 | 323.33                                      | 17,136.40                           | 4,203.29                            |
|       | 2           | Jueves    | 30/05/2017 | 323.33                                      | 17,459.73                           |                                     |
|       | 3           | Viernes   | 31/05/2017 | 323.33                                      | 17,783.06                           |                                     |
|       | 4           | Sábado    | 01/06/2017 | 323.33                                      | 18,106.39                           |                                     |
|       | 5           | Lunes     | 03/06/2017 | 323.33                                      | 18,429.72                           |                                     |
|       | 6           | Martes    | 04/06/2017 | 323.33                                      | 18,753.05                           |                                     |
|       | 7           | Miércoles | 05/06/2017 | 323.33                                      | 19,076.38                           |                                     |
|       | 8           | Jueves    | 06/06/2017 | 323.33                                      | 19,399.71                           |                                     |
|       | 9           | Viernes   | 07/06/2017 | 323.33                                      | 19,723.04                           |                                     |
|       | 10          | Sábado    | 08/06/2017 | 323.33                                      | 20,046.37                           |                                     |
|       | 11          | Lunes     | 10/06/2017 | 323.33                                      | 20,369.70                           |                                     |
|       | 12          | Martes    | 11/06/2017 | 323.33                                      | 20,693.03                           |                                     |
|       | 13          | Miércoles | 12/06/2017 | 323.33                                      | 21,016.36                           |                                     |

Fuente propia

| Nivel | Días útiles | Fecha       |            | Volumen eliminado por día (m <sup>3</sup> ) | Volumen acumulado (m <sup>3</sup> ) | Volumen por nivel (m <sup>3</sup> ) |
|-------|-------------|-------------|------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 6     | 1           | Jueves      | 13/06/2017 | 323.33                                      | 21,339.69                           | 4,203.29                            |
|       | 2           | Viernes     | 14/06/2017 | 323.33                                      | 21,663.02                           |                                     |
|       | 3           | Sábado      | 15/06/2017 | 323.33                                      | 21,986.35                           |                                     |
|       | 4           | Lunes       | 17/06/2017 | 323.33                                      | 22,309.68                           |                                     |
|       | 5           | Martes      | 18/06/2017 | 323.33                                      | 22,633.01                           |                                     |
|       | 6           | Miércoles   | 19/06/2017 | 323.33                                      | 22,956.34                           |                                     |
|       | 7           | Jueves      | 20/06/2017 | 323.33                                      | 23,279.67                           |                                     |
|       | 8           | Viernes     | 21/06/2017 | 323.33                                      | 23,603.00                           |                                     |
|       | 9           | Sábado      | 22/06/2017 | 323.33                                      | 23,926.33                           |                                     |
|       | 10          | Lunes       | 24/06/2017 | 323.33                                      | 24,249.66                           |                                     |
|       | 11          | Martes      | 25/06/2017 | 323.33                                      | 24,572.99                           |                                     |
|       | 12          | Miércoles   | 26/06/2017 | 323.33                                      | 24,896.32                           |                                     |
|       | 13          | Jueves      | 27/06/2017 | 323.33                                      | 25,219.65                           |                                     |
| 7     | 1           | Viernes     | 28/06/2017 | 300.23                                      | 25,519.88                           | 4203.22                             |
|       | 2           | Sábado      | 29/06/2017 | 300.23                                      | 25,820.11                           |                                     |
|       | 3           | Lunes       | 01/07/2017 | 300.23                                      | 26,120.34                           |                                     |
|       | 4           | Martes      | 02/07/2017 | 300.23                                      | 26,420.57                           |                                     |
|       | 5           | Miércoles   | 03/07/2017 | 300.23                                      | 26,720.80                           |                                     |
|       | 6           | Jueves      | 04/07/2017 | 300.23                                      | 27,021.03                           |                                     |
|       | 7           | Viernes     | 05/07/2017 | 300.23                                      | 27,321.26                           |                                     |
|       | 8           | Sábado      | 06/07/2017 | 300.23                                      | 27,621.49                           |                                     |
|       | 9           | Lunes       | 08/07/2017 | 300.23                                      | 27,921.72                           |                                     |
|       | 10          | Martes      | 09/07/2017 | 300.23                                      | 28,221.95                           |                                     |
|       | 11          | Miércoles   | 10/07/2017 | 300.23                                      | 28,522.18                           |                                     |
|       | 12          | Jueves      | 11/07/2017 | 300.23                                      | 28,822.41                           |                                     |
|       | 13          | Viernes     | 12/07/2017 | 300.23                                      | 29,122.64                           |                                     |
|       | 14          | Sábado      | 13/07/2017 | 300.23                                      | 29,422.87                           |                                     |
| 8     | 1           | Lunes       | 15/07/2017 | 300.23                                      | 29,723.10                           | 4,204.52                            |
|       | 2           | Martes      | 17/07/2017 | 300.33                                      | 30,023.43                           |                                     |
|       | 3           | Miércoles   | 19/07/2017 | 300.33                                      | 30,323.76                           |                                     |
|       | 4           | Jueves      | 21/07/2017 | 300.33                                      | 30,624.09                           |                                     |
|       | 5           | Viernes     | 23/07/2017 | 300.33                                      | 30,924.42                           |                                     |
|       | 6           | Sábado      | 25/07/2017 | 300.33                                      | 31,224.75                           |                                     |
|       | 7           | Lunes       | 27/07/2017 | 300.33                                      | 31,525.08                           |                                     |
|       | 8           | Martes      | 29/07/2017 | 300.33                                      | 31,825.41                           |                                     |
|       | 9           | Miércoles   | 31/07/2017 | 300.33                                      | 32,125.74                           |                                     |
|       | 10          | Jueves      | 02/08/2017 | 300.33                                      | 32,426.07                           |                                     |
|       | 11          | Viernes     | 04/08/2017 | 300.33                                      | 32,726.40                           |                                     |
|       | 12          | Sábado      | 06/08/2017 | 300.33                                      | 33,026.73                           |                                     |
|       | 13          | Lunes       | 08/08/2017 | 300.33                                      | 33,327.06                           |                                     |
|       | 14          | Martes      | 09/08/2017 | 300.33                                      | 33,627.39                           |                                     |
|       | 104         | días útiles |            | Total de eliminación (m <sup>3</sup> )      |                                     | 33,627.39                           |

Fuente propia