

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO MONOGRAFICO
Para optar al título de Ingeniero Civil

TEMA:

Propuesta del proceso constructivo del tramo de carretera de 7 km ubicado del municipio del Viejo a la Planta Geotérmica del Volcán Cosigüina municipio de Chinandega, desarrollado en el segundo semestre del 2024.

TOMO I.

Documento Técnico de investigación.

Autor:

Br. José Luis Pavón Cuellar

Docente:

Arq. Jorge Katin
Coordinador de Arquitectura e Ingeniería Civil

Managua, Nicaragua, 26 de enero 2025



DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por darme la fortaleza, sabiduría y paciencia para superar los retos que encontré a lo largo de esta carrera y en la realización de este trabajo final. Sin Su ayuda, este logro no hubiera sido posible.

A mis profesores y tutores de la carrera de Ingeniería Civil en UCC, por compartir sus conocimientos y experiencias, por su apoyo constante y por haberme enseñado no solo los principios técnicos de la ingeniería, sino también la importancia de la ética profesional y el compromiso con la sociedad. Agradezco la orientación de los docentes que participaron en este proceso, que gracias a su orientación y dedicación se ha podido llevar a cabo esta última etapa de mi formación profesional.

Br. José Luis Pavón Cuellar



RESUMEN

Se proponen las estrategias organizativas y los métodos para lograr la óptima distribución de las masas de tierra necesarias para la construcción de terraplenes de las vías de comunicación terrestres, en particular de las carreteras; los criterios para la selección de la maquinaria óptima para ejecutar actividades de movimiento de tierras mediante dos procedimientos diferentes con similar finalidad, así como debe procederse para programar y balancear los principales recursos que se emplean en tales trabajos, de manera tal de asegurar que la ejecución de dichas explanaciones sea realizado con la necesaria eficacia técnica-económica por las empresas constructoras, tal como se comprobado en varias aplicaciones en varias obras de la región central del país, en las que pudo reducir los costos de ejecución de los movimientos de tierras hasta en un 30% en comparación con los que se obtienen tradicionalmente en las empresas constructoras de obras de ingeniería.



ABSTRACT

The principal purpose this paper is showed the organizational strategies and the methods to use to achieve a optimal distribution of the earthmoving necessary to build embankment, approaches for the selection of the best machinery to execute this word, by means of two procedures different with similar purpose, as well as it should be proceeded to program and to balance the principal resources, in a such way of executing this embankment with necessary efficiency, all that which could contribute decisively to reduce the execution cost of such works of being used in the construction companies until in a 30% in comparison with those that at the moment are obtained with the procedures that are generally used.



ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| Capítulo I. Generalidades | 6 |
| 1.1 Introducción | 6 |
| 1.2 Antecedentes | 7 |
| Capítulo II. La problemática | 8 |
| 2.1 El problema | 8 |
| 2.2 Objetivos | 9 |
| 1.4 Justificación | 10 |
| Capítulo III: Marco teórico | 11 |
| 3.1 Generalidades | 11 |
| 3.2 Conceptos, definiciones | 13 |
| 3.2.1 Equipos de movimiento de tierra | 14 |
| 3.2.2 Maquina para Movimiento de tierra | 16 |
| 3.2.2 Mantenimiento | 27 |
| Capítulo IV: Marco jurídico | 30 |
| 4.1 Normativas nacionales | 30 |
| 4.2 Aspectos legales del proyecto | 30 |
| Capítulo V: Diseño metodológico | 31 |
| 5.1 Tipo de investigación | 31 |
| 5.2 Área de estudio | 32 |
| 5.3 Planos | 33 |
| 5.4 Diagrama metodológico | 35 |
| Capítulo Vi: Análisis de resultado | 40 |
| 6.1 Actividades del proyecto | 42 |
| 6.2 Cantidad de obra | 45 |
| 6.3 Balance / Selección de equipos | 46 |
| 6.4 Programación física | 48 |
| Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones | 54 |
| 7.1 Conclusiones | 54 |
| 7.2 Recomendaciones | 55 |
| Bibliografía | 56 |
| ANEXOS | 57 |
| Anexo 1: Planos topográficos | 57 |

Capítulo I. Generalidades

1.1 Introducción

Las comunicaciones en el mundo actual juegan un rol cada vez más decisivo para el desarrollo socio económico de las naciones. Las vías de comunicación terrestres (autopistas, carreteras, caminos, vías férreas, aeropistas, etc.) constituyen la infraestructura necesaria para garantizar el desarrollo económico y social de los países.

Su construcción eficaz es fundamental para el desarrollo de la economía nacional, por tales razones la construcción con mínimo costo de las explanaciones necesarias para ejecutar estas obras viales resultan de gran importancia, ya que estas constituyen una parte significativa del costo de su construcción.

Dado los grandes volúmenes de movimientos de tierras que se acometen en los proyectos de construcción de carreteras anualmente, ascendentes a varios millones de metros cúbicos de tierra, la magnitud del ahorro que se alcance puede ser significativa, por tal razón se hace necesario la utilización de estrategias, métodos organizacionales que hagan posible realizar una distribución óptima de las masas de suelos a mover y la maquinaria óptima a utilizar en la ejecución de cada trabajo, así como para garantizar la racional distribución espacio – temporal de la maquinaria en las obras viales.

Las técnicas y procedimientos propuestos poseen un enfoque integral con relación al que el tradicionalmente emplean las empresas constructoras, siendo el objetivo principal de este trabajo divulgar sus aspectos esenciales para ponerlas a disposición de los profesionales que se encargan de la realización de estos trabajos en las empresas constructoras del país.



1.2 Antecedentes

De acuerdo a la publicación hecha por Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) a través del Plan de Inversión Pública (PIP) en 2016, la red vial de Nicaragua tiene aproximadamente un total de 24,171.66 km de caminos y carreteras, de los cuales 3,883.78 km están distribuidos de la siguiente manera: 63.39% asfalto, 32.69 adoquinado y 3.92% de concreto hidráulico.

La comunicación terrestre es parte fundamental en el desarrollo económico y social de un país. El hombre desde sus inicios tuvo la necesidad de desplazarse por grandes distancias para garantizar su subsistencia siendo esto un paso decisivo en el establecimiento de la cultura tal como la conocemos hoy en día. El transporte terrestre por carreteras ha sido y será el principal medio de locomoción de personas y mercancías, desde y hacia los distintos orígenes y destinos de la república y la región Centroamericana.

El monitoreo continuo del estado de las carreteras permitirá identificar, cuantificar y evaluar los diversos daños que presente un determinado sitio y a partir de esto proceder a planificar las medidas ya sean preventivas o correctivas que se amerite según las condiciones de pérdida de serviciabilidad que presente una determinada carretera.



Capítulo II. La problemática

2.1 El problema

El tramo en estudio topográficamente transcurre sobre terreno en su mayoría plano, con algunos subtramos conformados por una superficie de material de arena muy fina, posee una sección estándar de dos carriles de circulación, uno por sentido, con un ancho de 3 metro cada carril.

Las malas condiciones en las que se encuentra la vía han producido atrasos en el tiempo de viaje de los usuarios. Cabe señalar que esta vía es el único acceso para los habitantes del tramo en estudio y estos son los mayores afectados en cuanto a circulación, el estado a través de empresas dedicadas a ejecución de obras viales ha realizado diversos estudios para el acondicionamiento de esta y así mejorar su funcionalidad.

Cuando se está preparando el cálculo de movimiento de tierra, se realizan las siguientes preguntas:

- ¿Cómo hacer el cálculo de movimiento de tierra?
- ¿Qué se hace en el movimiento de tierra?
- ¿Qué actividades están involucradas en el movimiento de tierra?



2.2 Objetivos

Objetivo General:

Determinar el proceso constructivo del tramo de carretera de 7 km ubicado del municipio del Viejo a la Planta Geotérmica del Volcán Cosigüina municipio de Chinandega, desarrollado en el segundo semestre del 2024.

Objetivos específicos:

1. Conocer los tipos de maquinaria empleada en proyectos de movimiento de tierra, de acuerdo a sus características.
2. Analizar la función y rendimiento de los principales equipos empleados en movimiento de tierra.
3. Determinar estrategias que faciliten el mejoramiento de la productividad aplicada a la maquinaria para la estimación de cantidades de obra, así como, técnicas en gestión de mantenimiento de maquinaria que brinden el buen funcionamiento del equipo.



1.4 Justificación

La comunicación terrestre es parte fundamental en el desarrollo económico y social de un país. Los productores agrícolas y ganaderos de Nicaragua demandan todos los años la apertura, rehabilitación y reparación de nuevas vías de carretera para sacar sus productos a lo interno y externo del país.

Además el crecimiento del parque vehicular ha aumentado considerablemente en los últimos años. Ante tal situación, se refleja la necesidad a mayor escala de carreteras rehabilitadas y en óptimas condiciones.

El presente estudio tiene como objetivo realizar un mejoramiento vial mediante un estudio a nivel de perfil esperando así que esta información sea útil para las autoridades competentes cuya función se basa en el mejoramiento vial de nuestro país.

Así mismo el presente proyecto se elaborara con la finalidad de permitir la integración de los pobladores del municipio del Viejo y zonas aledañas a los demás municipios y departamentos del país, así como también promover el desarrollo agrícola y turístico de la zona.

Por lo tanto la rehabilitación de la carretera beneficiara a los pobladores como al sector económico del país, creará las facilidades para el desarrollo de bienes, servicios básicos, educación salud y la cultura permitiendo ahorros a los productores y transportistas locales.

Capítulo III: Marco teórico

3.1 Generalidades

El cálculo del volumen de tierra a excavar no es solo un mero trámite administrativo, sino que tiene un impacto significativo en varios aspectos de un proyecto de construcción:

A.- Planificación y presupuesto:

Un cálculo preciso del volumen de tierra permite estimar con mayor exactitud la cantidad de materiales necesarios, como tierra, arena, grava y hormigón. Esto, a su vez, facilita la elaboración de un presupuesto más preciso y realista, evitando sorpresas desagradables en el transcurso del proyecto.

B.- Logística y gestión de recursos:

Conocer el volumen de tierra a excavar permite optimizar la logística del proyecto, planificando de manera eficiente el transporte de materiales, la asignación de maquinaria y la organización de la mano de obra. Esto se traduce en un uso más eficiente de los recursos disponibles y en una reducción de los costos operativos.

C.- Control del proyecto y seguimiento de avances:

El cálculo del volumen de tierra excavado sirve como indicador del progreso del proyecto. Al comparar el volumen excavado con el volumen total planificado, se puede evaluar el avance del proyecto y detectar posibles desviaciones o retrasos. Esta información es vital para el control del proyecto y la toma de decisiones oportunas.

D.- Seguridad y prevención de accidentes:

Un cálculo preciso del volumen de tierra a excavar permite diseñar taludes seguros y estables, evitando posibles derrumbes que podrían poner en riesgo la seguridad de los trabajadores y la integridad de las estructuras circundantes.



Para obtener un cálculo preciso del volumen de tierra a excavar, es importante seguir estos consejos:

- ✓ Realizar un levantamiento topográfico detallado del terreno: Esto permitirá obtener información precisa sobre las dimensiones y la forma del terreno.
- ✓ Utilizar herramientas y métodos adecuados: La elección de las herramientas y métodos dependerá de la complejidad del terreno y la precisión requerida.
- ✓ Revisar cuidadosamente los cálculos: Es importante verificar los cálculos para evitar errores que podrían tener consecuencias significativas.
- ✓ Considerar el factor de esponjamiento: El factor de esponjamiento es un factor que se utiliza para ajustar el volumen de tierra excavada debido a la expansión del material tras la excavación.
- ✓ Consultar con profesionales: Si se tiene dudas sobre el cálculo del volumen de tierra a excavar, es recomendable consultar con profesionales de la construcción o ingenieros especializados en excavaciones.

3.2 Conceptos, definiciones

Carretera

Las carreteras se pueden definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada.

Elementos de una carretera

- Calzada: La parte de la calle o de la carretera destinada a la circulación de los vehículos, esta puede estar compuesta de uno o varios carriles.
- Corona: Conjunto formado por la calzada y las bermas.
- Cuneta o drenaje: Es una zanja o canal localizada a los lados de la calle y debido a su menor nivel recibe las aguas pluviales y las conducen hacia un lugar que no provoquen daños o inundaciones.
- Acera: Es una superficie pavimentada a la orilla de una calle para uso de personas que se desplazan de un lugar a otro.

Caracterización de los suelos

Visualmente se clasifica a los suelos en grupos básicos tales como: Grava, arena, limos y arcillas, generalmente el método empleado es la observación directa de las propiedades en campo, tales como: Textura, forma de los granos, granulometría y plasticidad.

Gravas: Son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas que tienen más de 2 mm de diámetro hasta un tamaño máximo de 3 pulgadas, la forma de las partículas de gravas y relativa frescura mineralógica depende de la historia de su formación, encontrándose en variaciones desde redondas a poliédricas.

Arena: Es un material de grano fino relativo procedente de la desintegración de las rocas o de su trituración artificial, su diámetro varía desde los 2 mm hasta 0.05 mm. Suelen encontrarse en los mismos depósitos de las gravas, su origen es similar al de las gravas; son poco comprensibles y no son plásticas.

Limos: Son suelos con poca o ninguna plasticidad, pueden ser orgánicos o inorgánicos, el diámetro de sus partículas está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm, su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta.

Arcillas: Se da el nombre de arcilla a las partículas con diámetro menor a 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua; las arcillas poseen la propiedad de ser plásticas, contraerse al secarse, presentan marcada cohesión según su humedad, son comprensibles y al aplicárseles cargas estáticas se comprimen lentamente.

3.2.1 Equipos de movimiento de tierra

Equipo o maquinaria estándar

Es aquel tipo de maquinaria especializada que se fabrica en serie, de la cual existe en el mercado variedad de modelos, tamaños y formas de trabajo, las que se adecuan a diversas labores, tienen la ventaja adicional de que para ellas normalmente existen repuestos y su operación es relativamente estándar.

Equipos o maquinaria especial

Son aquellos que se fabrican para ser usados en una sola obra de características especiales o para un tipo de operación específica, es decir, que su



origen está en una necesidad puntual que es satisfecha mediante su diseño y construcción.

Equipos de excavación y movimiento de tierras

Los equipos de excavación y movimiento de tierra en su mayoría componen la familia de palas y excavadoras, las que se desarrollaron a partir de la creación de una máquina mecánica (alrededor de 1836) que duplicó el movimiento y efectividad del trabajo de un hombre cavando con una pala de mano. Entre ellos tenemos: Tractor, Bulldozer, Cargador frontal, Pala Mecánica, Draga, Excavadora, Retroexcavadora, Zanjadora.

Equipos de transporte horizontal de materiales

Se considera dentro de este grupo a todos aquellos equipos destinados al acarreo de material dentro de una obra. Entre estos se cuentan: Camiones, Vagones, Traíllas, Cintas transportadoras, Trenes.

Equipos de transporte vertical de materiales

El principal equipo de transporte vertical de materiales es la grúa, que se usa para alzar, bajar y transportar carga de un punto a otro dentro de la zona de trabajo, existen grúas fijas o móviles, hidráulicas, telescópicas y con pluma la que se conoce como de tipo de torre y es la que se usa más en construcción.

Equipos de compactación y terminación

La compactación es el proceso de incrementar la densidad de un suelo mediante la aplicación de fuerzas mecánicas. Las cuatro fuerzas que se usan para compactar son: carga estática, vibración, impacto y amasado. Como equipos de compactación se incluyen los siguiente: Placas compactadoras vibratorias y

compactadores neumáticos, Rodillos lisos, Rodillos neumáticos, Rodillos pata de cabra.

Equipos de producción de hormigón

Entre estos equipos podemos mencionar a: Plantas mezcladoras, Camiones mixer, Bombas, Vibradores.

Otros equipos y herramientas

Son los equipos que sirven como accesorios para los equipos, para que estos puedan desempeñar otras funciones, entre ellos tenemos: Compresores de aire (Estacionaria, Móvil o Portátil), Bombas de agua, Martinetes, Perforadores.

3.2.2 Maquina para Movimiento de tierra

Ahora podemos hablar un poco más acerca de las máquinas que comúnmente son utilizadas en Nicaragua para la ejecución de obras viales, así sea para el movimiento de tierra, compactación, corte excavación u otra actividad, siendo los siguientes:

- ✓ Bulldozers o topadoras
- ✓ Motoniveladora
- ✓ Excavadoras
- ✓ Retroexcavadora
- ✓ Cargadores frontales
- ✓ Vibro-compactadoras
- ✓ Camiones

Entonces una vez conocidos los equipos más utilizados para actividades de movimiento de tierra podemos hablar un poco más acerca de aquellas maquinarias primordiales para obras de este tipo:

Bulldozers.

El Tractor con una gran potencia y robustez en su estructura, diseñado especialmente para el trabajo de corte (excavando) y al mismo tiempo empuje con la hoja (transporte). En esta máquina son montados diversos equipos para poder ejecutar su trabajo, además, debido a su gran potencia, tiene la posibilidad de empujar o apoyar a otras máquinas cuando estas lo necesiten (Ej. una mototrailla).

Figura 1:

Bulldozer



Fuente: Manual de rendimiento de maquinaria Caterpillar.

Estas máquinas se utilizan durante el proyecto de construcción en operaciones tales como: limpieza del terreno de árboles y maleza, apertura de brechas en terrenos rocosos, movimientos de tierra en estanques, cortes carreteros u otros, esparcimiento



de rellenos de tierra y limpieza de escombros en sitios de construcción. Algunos modelos poseen un roter o diente escarificador, que permite la remoción de roca o terrenos duros.

Motoniveladora.

Están compuestas de un tractor de cuatro ruedas, que en su parte delantera tiene un brazo largo o bastidor apoyado en un tren delantero de dos ruedas, las cuales son de dirección. La motoniveladora está equipada con una hoja de corte dotada de movimientos vertical y horizontal, y de rotación y de translación en su propio plano, la misma está montada entre su eje delantero y sus ejes traseros de tracción. El movimiento horizontal de la hoja varía de 0° a 180° en relación al eje longitudinal de la máquina. En el plano vertical su inclinación puede llegar a 90° en relación al suelo.

Las motoniveladoras tienen amplia maniobrabilidad y algunas poseen radio corto de viraje según el modelo y fabricante, debido a su bastidor articulado y a las ruedas delanteras de viraje cerrado. Sus ruedas delanteras tienen inclinación lateral con respecto a sus propios ejes, lo que les permite adaptarse fácilmente a los desniveles del terreno, y soportar empujes laterales cuando trabaja con la cuchilla inclinada.

Son máquinas especialmente construidas para efectuar trabajos de mezclado, conformación, nivelación y afinado, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

- ✓ Conformación y nivelación de Plataformas y de terraplenes
- ✓ Mezclado, revoltura y extendido de materiales
- ✓ Extendido de ripio y de mezclas asfálticas
- ✓ Re perfilado y afinado del movimiento de tierras
- ✓ Apertura y limpieza de cunetas de drenaje superficial
- ✓ Remoción y desbroce de vegetación

- ✓ Conformación y mantenimiento de taludes de corte
- ✓ Regularización de capas que serán compactadas en los terraplenes
- ✓ Mantenimiento de caminos en general

Figura 2:

Motoniveladora



Fuente: Manual de rendimiento de maquinaria Caterpillar.

Excavadoras y retrocargadoras.

Es una Máquina autopropulsada sobre llantas u orugas con un bastidor especialmente diseñado que monta a la vez un equipo de carga frontal y otro de excavación. Dentro de las retroexcavadoras encontramos equipos de trabajo mixto como las retrocargadora o mixtas las cuales tienen un equipo de cargue frontal y un equipo de excavación trasero.

La retroexcavadora es una máquina diseñada para realizar excavaciones por debajo de su nivel de sustentación.

Las retroexcavadoras son utilizadas para realizar obras civiles tales como acueductos, alcantarillados. En las actividades de excavaciones de brechas y colocación de tuberías, así como también en proyectos de infraestructura como hidroeléctricas, vías, túneles entre otros,

Máquina retroexcavadora de llantas

En la Retroexcavadora de neumáticos el tren de rodadura está compuesto de ruedas de caucho. Los órganos de mando de desplazamiento, dirección y frenos están en la cabina del conductor. La estabilidad durante el trabajo se asegura con estabilizadores independientes de las ruedas.

Figura 3:

Retroexcavadora de llantas o Backhoe



Fuente: Manual de rendimiento de maquinaria Caterpillar.

Máquina retroexcavadora.

En las Retroexcavadoras de cadenas u orugas, el chasis está soportado por dos cadenas paralelas. Así mismo, los órganos de mando, igual que en la de neumáticos, se encuentran en la cabina del conductor

Figura 4:
Excavadora de oruga



Fuente: Manual de rendimiento de maquinaria Caterpillar.

Cargadores frontales.

Es una herramienta de trabajo instalada sobre un tractor de orugas o llantas neumáticas, que sirve para elevar materiales desde el nivel de sustentación de la máquina hasta una altura determinada por las características geométricas de la misma máquina.

Cargadores son utilizados principalmente para:

- ✓ Movimiento de tierras de materiales sueltos
- ✓ Arranque de material sueltos
- ✓ Cargue de volquetas.
- ✓ Transporte de material, (distancias cortas), hasta su punto de descarga: tolvas,
- ✓ Acopios intermedios y escombreras.
- ✓ Rezaga de materiales producto de una voladura.
- ✓ Construcción y limpieza de pistas de transporte.
- ✓ Preparación de rampas y accesos.

Figura 5:

Cargador Frontal



Fuente: Manual de rendimiento de maquinaria Caterpillar

En su mayoría son articulados ruedas motrices direccionales, brazo, palanca de descarga, cilindros hidráulicos.

Compactadoras.

Estos equipos están diseñados para aumentar la densidad del suelo con el propósito de darle resistencia al mismo en dependencia del uso que se le va a dar, por ello es necesario conocer algunos conceptos básicos que ayudaran a entender el uso de estos equipos.

Compactación.

Es la operación mecánica de elevar la densidad del suelo, o sea el peso por unidad de volumen. Se acepta generalmente que la fuerza del suelo aumenta con la densidad. Hay tres factores importantes que afectan la compactación.

- ✓ Granulometría del material
- ✓ Contenido de Humedad
- ✓ Capacidad Soporte

Tipos de Compactadores

El equipo de compactación se clasifica generalmente en los descritos a continuación:

- ✓ Pata de Cabra
- ✓ Vibratorio
- ✓ Neumáticos
- ✓ Pisones de alta velocidad
- ✓ Ruedas Cortadoras

Existen también combinaciones de estos tipos, tales como el tambor vibratorio de acero liso.

Es necesario conocer el tipo de compactador que se debe utilizar según el tipo de suelo, por ello se presenta a continuación un esquema que permite de forma sencilla escoger el compactador adecuado:

Figura 6:

Compactación según tipo de suelo



Fuente: Manual de rendimiento de maquinaria Caterpillar.

La elección del equipo de compactación se debe efectuar considerando la diversidad de los suelos y la variedad de modelos disponibles. Para este fin es conveniente agrupar los suelos en dos grupos:

- Suelos Cohesivos: Tienen un mayor porcentaje de partículas finas y muy finas (materiales arcillosos), las fuerzas internas de cohesión tienen un papel preponderante.

- Suelos Granulares: Formado por partículas de mayor tamaño, en las cuales no existe cohesión, en cambio presentan fuerzas de rozamiento interno.



Para los suelos cohesivos la acción de amasado es la única capaz de producir esfuerzos internos para vencer la resistencia opuesta por las fuerzas de cohesión, por lo cual los más recomendados son los equipos tipo pata de cabra o combinados.

Para los suelos granulares o arenosos el método más adecuado es la vibración, que anula las fuerzas de rozamiento para conseguir el acomodo de las partículas, reduciendo la cantidad de vacíos y aumentando la densidad del suelo. El mayor rendimiento se consigue cuando la vibración producida por el rodillo entra en resonancia con la oscilación del material que se está compactando, a una frecuencia que depende del tipo de suelo y de las características del rodillo y que se denomina "Frecuencia de Resonancia".

Los rodillos neumáticos de gran diámetro y anchura, con alta presión interna, pueden compactar una variedad de suelos, de igual manera los compactadores neumáticos de ruedas oscilantes tienen su campo de aplicación en suelos constituidos por mezclas de arcilla, limo y arena.

En general es necesario considerar los siguientes aspectos referentes al equipo de compactación:

- ✓ El peso estático tiende a dar mayor compactación cerca de la superficie.
- ✓ La vibración profundiza la compactación en los materiales granulares.
- ✓ Una leve acción de amasado aumenta la densidad.
- ✓ La presión de inflado y la superficie de contacto de los neumáticos son los factores que determinan la capacidad compactadora de los compactadores de neumáticos.

- ✓ La vibración aumenta la eficacia a medida que disminuye la cohesión y aumenta el carácter granular del material, alcanzando su valor máximo en las arenas y su mínimo en las arcillas.

- ✓ De las consideraciones anteriores se deduce que la compactación requerida se obtiene con mayor facilidad con la adecuada combinación de carga por rueda, presión de contacto, acción de amasado y vibración.

Finalmente, para evitar errores en la selección del equipo de compactación, por la amplia variedad de factores que intervienen en ella, los cuales serán diferentes para cada obra y para cada sector de la misma, es necesario efectuar pruebas de compactación al inicio de cada obra, para elegir el equipo, el espesor de la capa suelta, número de pasadas, velocidad de trabajo, humedad del material, etc.

Camiones.

Las volquetas son la maquinaria más utilizada en cualquier tipo de obra civil. Son vehículos que poseen un dispositivo mecánico para volcar la carga que transportan en un cajón que reposa sobre el chasis del vehículo. La composición mecánica de la volqueta depende precisamente del volumen de material que pueda transportar el cajón. Por tal razón, este tipo de maquinaria de carga cumple una función netamente de transporte ya sea dentro de la misma obra o fuera de ella.

Los volquetes se clasifican en:

Bastidor rígido: Son unidades de transporte cuyo chasis es rígido en este grupo se encuentran las volquetas sencillas de 7 m³ a más. Son utilizados para transporte de materiales de playa y movimientos de tierra con vías de acceso en buenas condiciones en cuanto a rodadura y especificaciones de vía.

Bastidor articulado: Son unidades de transporte en donde el chasis es articulado, lo cual permite el tránsito por terrenos más difíciles y son utilizados para movimientos de tierra masivos.

3.2.2 Mantenimiento

Para profundizar sobre el mantenimiento de maquinaria de construcción, primero se necesita conocer los conceptos básicos presentados a continuación:

Mantenimiento Correctivo:

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

Mantenimiento Preventivo:

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Mantenimiento Predictivo:

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues



requiere de medios técnicos avanzados y en ocasiones de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer revisiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

Mantenimiento en Uso:

Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

El “Punto óptimo del mantenimiento” es aquel que el costo de mantenimiento está influenciado por el costo de falla. Eso significa que la estrategia óptima de mantenimiento es aquella que minimiza el efecto de los componentes de costo, esto es “que el costo de reparación es menor que el costo de pérdida de producción”.

La generación de un plan de mantenimiento, obedece a una necesidad. Toda necesidad genera la asignación de recursos y toda asignación de recursos genera erogaciones de dinero.

Durante muchos años, el tipo de mantenimiento predominante ha sido el Preventivo, que consiste en la sustitución o reparación de componentes a intervalos fijos determinados ya sea en base a recomendaciones del fabricante del equipo o por estadísticas extraídas de los historiales. Pero esto no garantiza los niveles de confiabilidad requeridos en la actualidad, al mismo tiempo que lleva a un sobrecosto por sustitución de partes o lubricantes cuando todavía se encuentran aptos para el uso.

El mayor beneficio de la utilización de estas herramientas, es que se logra una alerta temprana que permite planificar una parada para corregir el problema, alcanzando de esta manera una mayor disponibilidad de la maquinaria y una reducción del número de fallas catastróficas.

Programa de Monitoreo de Condición (MBC):

1. Detectar condiciones que motivan una falla
2. Detectar problemas en la maquinaria
3. Evitar fallas catastróficas
4. Diagnóstico de causa de falla
5. Proyección de vida útil

Las técnicas de Monitoreo de Condición se pueden clasificar en:

1. Inspecciones de la maquinaria
2. Medición del desempeño
3. Monitoreo de las condiciones dinámicas de la maquinaria
4. Monitoreo de partículas de desgaste

Capítulo IV: Marco jurídico

4.1 Normativas nacionales

Para la redacción de esta investigación, se utilizó los siguientes documentos, para complementar los estudios académicos y redacción de la sintaxis técnica.

- ✓ Fondo de Inversión Social de Emergencias FISE. Catálogo de etapas y subetapas.
- ✓ Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2008). Manual para revisión de costo y presupuesto.
- ✓ Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000

La principal característica del NIC-2000 viene a ser como un documento contractual en que el Contratante no es exclusivamente el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), sino también cualquier otra institución estatal de la República de Nicaragua, Alcaldía, Organismos no Gubernamentales, Instituciones o Personas del Sector Privado, que deberán hacer uso de él cuando vayan a construir un camino, carretera o puente dentro del territorio nacional, así como para la construcción o rehabilitación de calles, puentes o viaductos en los municipios.

4.2 Aspectos legales del proyecto

El proyecto es de carácter gubernamental, el Proyecto se ubica en la península de Cosigüina, en el municipio de El Viejo, departamento de Chinandega, a unos 210 kilómetros (km) al noroeste de la ciudad de Managua y a 80 km al oeste de la ciudad de Chinandega aproximadamente.



Capítulo V: Diseño metodológico

5.1 Tipo de investigación

Esta investigación, según el nivel de profundidad es **descriptiva**, porque se detallaron las etapas y subetapas para la elaboración del costo y presupuesto del sistema constructivo.

En el proceso de elaboración de la investigación se ha fundamentado la parte metodológica del estudio.

El método aplicado en este trabajo es el **deductivo**, en donde se describirá y analizará todos los elementos necesarios para el cálculo de las cantidades de obras del proyecto, también se hace uso del método explicativo ya que se presentará una propuesta del formato de seguimiento para el desarrollo de las actividades constructivas para ver la viabilidad de su ejecución.

Las técnicas utilizadas en el proceso de elaboración de este informe están en el análisis de documentos monográficos que sirven de soporte **científico**.

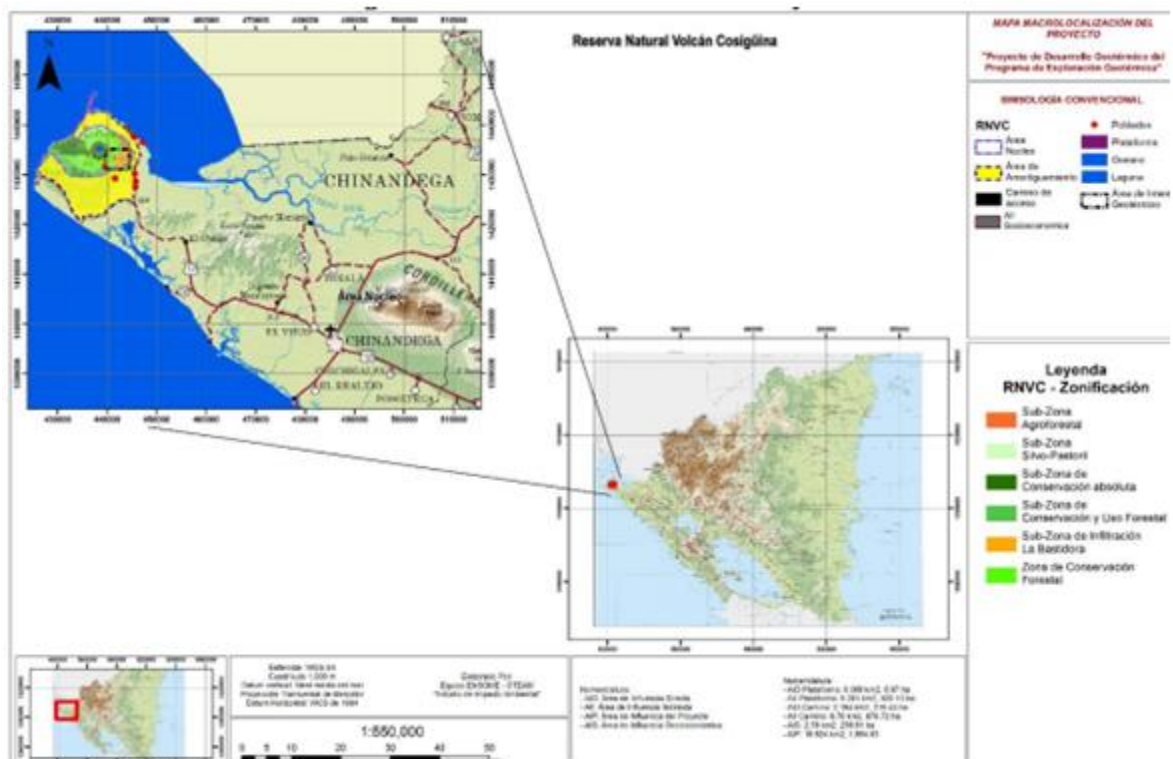
Los instrumentos que permiten realizar este trabajo son los programas propios, tales como AutoCAD, Project, Excel, Word.

5.2 Área de estudio

El Proyecto se ubica en la península de Cosigüina, en el municipio de El Viejo, departamento de Chinandega, a unos 210 kilómetros (km) al noroeste de la ciudad de Managua y a 80 km al oeste de la ciudad de Chinandega aproximadamente.

El proyecto está ubicado en el extremo norte de la cordillera volcánica de Nicaragua y representa una condición muy favorable para el desarrollo de un sistema geotérmico. Como se puede ver en la figura, el polígono negro punteado, indica el Área de Interés Geotérmico que cubre aproximadamente 21 km², y abarca la parte sureste del Volcán Cosigüina, dentro de la Reserva Natural Volcán Cosigüina.

Figura 7:
Macro localización del proyecto



Fuente: Elaboración propia



Se accede a través de una carretera pavimentada de 53.9 km que conecta al municipio de El Viejo con la comunidad Cosigüina Sur (NIC-12); de ahí hasta el sitio conocido como Cabo de Hornos (El Paraíso), se recorren aproximadamente 4.3 km en carretera de todo tiempo (código NN-265).

A partir del empalme de El Paraíso, se recorren aproximadamente 7.7 km sobre un camino vecinal en condiciones regulares de transitabilidad que permiten acceso en vehículo de doble tracción hasta llegar al final del tramo. A partir de este punto, el acceso al sitio de la plataforma solo es posible a pie o en bestias, recorriendo una trocha de aproximadamente 4.9 km.

5.3 Planos

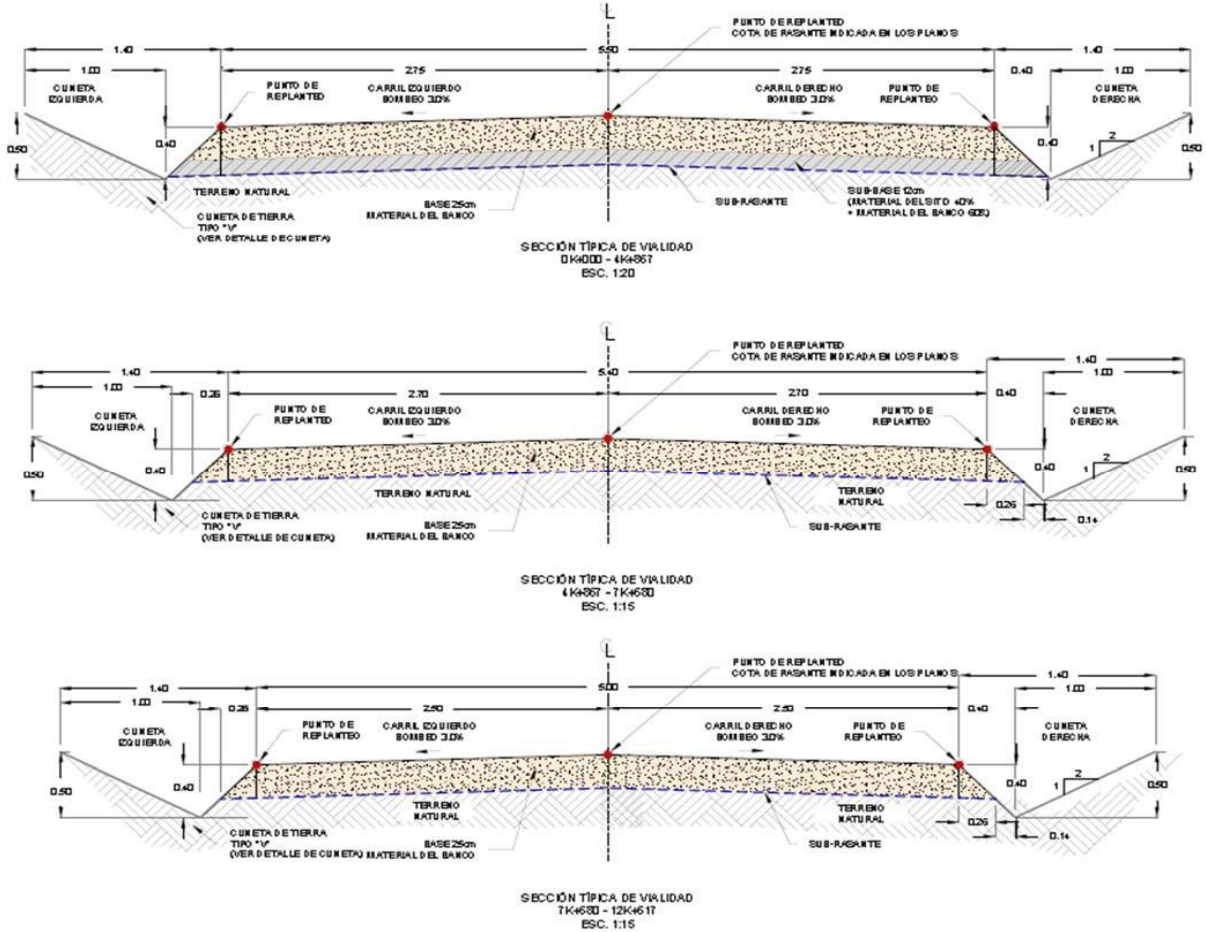
En el tomo 1, se presentará imágenes de los planos para que el lector idealice la construcción objeto del presente estudio, las cuales fueron utilizados para la redacción de la investigación, el juego de planos se presentará en el tomo 2.

Terraza para Plataforma

Estará compuesta de dos áreas planas conformadas de balastro compactado, una es la plataforma primaria de 8,625 m², donde se emplazará el equipo de perforación con todos sus sistemas (rotación, elevación, circulación, potencia y prevención), y una plataforma secundaria de 2,480 m² que contiene la fosa de lodos, fosa de secado y la poza de agua.

Figura 8:

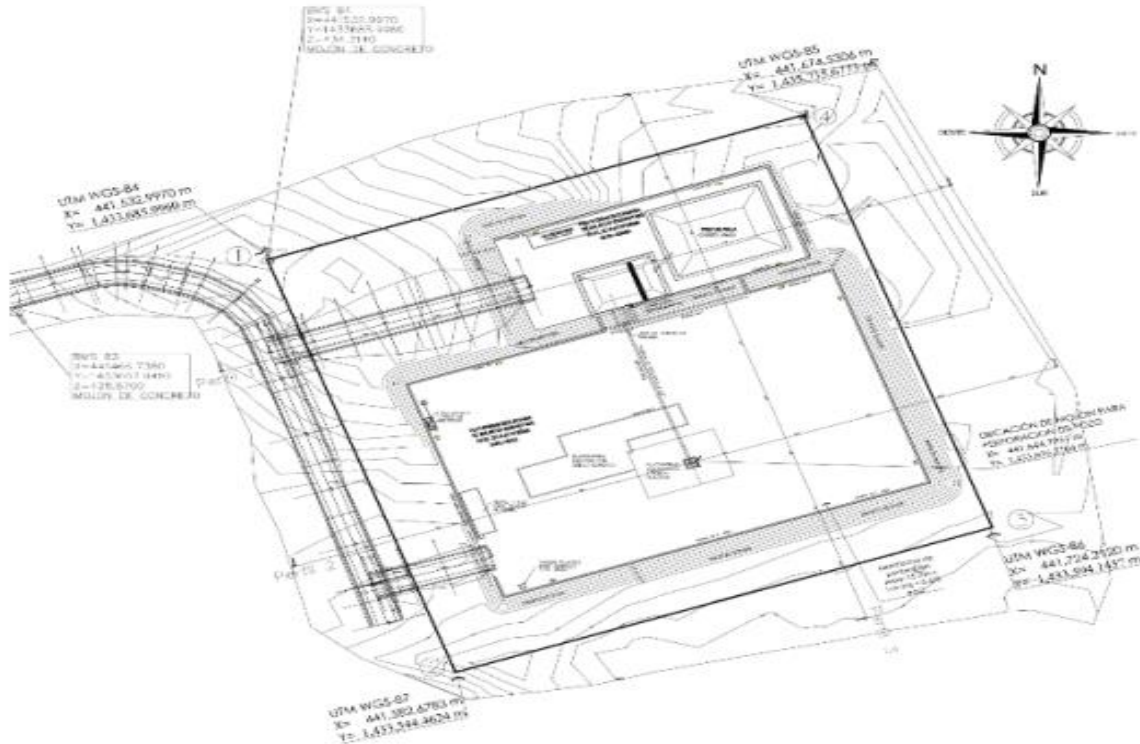
Secciones típicas de diseño de transversal de la carretera



Fuente: Planos del proyecto

Figura 9:

Terraza para la Plataforma



Fuente: Planos del proyecto

5.4 Diagrama metodológico

Los movimientos de tierras son aquellas acciones que realiza el hombre para variar o modificar la topografía de un área o zona, con vista a adaptarla al proyecto previamente confeccionado, generalmente de forma mecanizada, mediante el empleo de las maquinarias diseñadas especialmente con esta finalidad.

A continuación, se detalla la maquinaria, personal, costo de renta y el proceso para la ejecución de las actividades que conforman el movimiento de tierra del proyecto:



Maquinaria proyecto sierritas

- ✓ Excavadora CAT 320
- ✓ Retroexcavadora CAT 416
- ✓ Volquetes
- ✓ Motoniveladora CAT 12 H
- ✓ Vibrocompactadora DYNAPAC
- ✓ Cisterna de agua internacional
- ✓ Lowboy

Personal

- ✓ Cada Equipo (Maquina) 1 Operador
- ✓ Ayudantes fijos (Corresponde a guiar y/o apoyar a los operadores para que los cortes sean aproximados)
- ✓ Ayudante que ubica (camiones) los viajes de relleno
- ✓ Fiscal (encargado de control de horómetros, ejemplo que los equipos no estén encendidos innecesariamente, suministro de combustible conteo de viajes de desalojo.
- ✓ Ingeniero Residente

Mantenimiento de maquinaria

El mantenimiento de los equipos le corresponde al dueño del equipo, su costo va incluido en el costo de renta horaria, se les hace mantenimiento cada 250 horas (cambio de filtros, aceite) adicional cada dos días se engrasan.

Costo renta horaria

- ✓ Excavadora \$50 – 4 galones por hora
- ✓ Retroexcavadora \$35 – 2.2 galones por hora



- ✓ Volquetes \$130 por día – 8 km por galón
- ✓ Motoniveladora \$50 – 3.5 galones por hora
- ✓ Vibrocompactadora \$45 – 2 galones por hora
- ✓ Cisterna \$110 – 12 km por galón
- ✓ Lowboy \$120 cada movimiento

Estos costos de renta incluyen:

- ✓ Operador,
- ✓ Mantenimientos,
- ✓ NO incluyen combustible;
- ✓ 4 horas mínimas de trabajo (es decir se trabajará o no se trabajará se tenían que pagar 4 horas mínimas)

Proceso de movimiento de tierra

- ✓ Replanteo con Equipo topográfico (Proporcionado por el cliente)
- ✓ Lo primero que se realizó una vez que nos entregaron el sitio se procedió a realizar una limpieza general de área a trabajar, normalmente de vegetación y escombros o arboles existentes.
- ✓ Posteriormente enviamos al equipo topográfico a replantear los niveles de cortes y rellenos, delimitar las terrazas de lotes, área verde y calles.
- ✓ Determinamos que el primer corte que se haría era las calles, posterior hacer las zanjas de infiltración, ya teniendo marcados los niveles de las calles resultado que todo era corte.
- ✓ Enviamos la excavadora para que aproximara los niveles de terracería para que más adelante y realmente lo último que se haría era la calle.
- ✓ De esa manera la excavadora iba cortando y cargando directamente al camión que se encargaría de desalojar el material, un ayudante con una

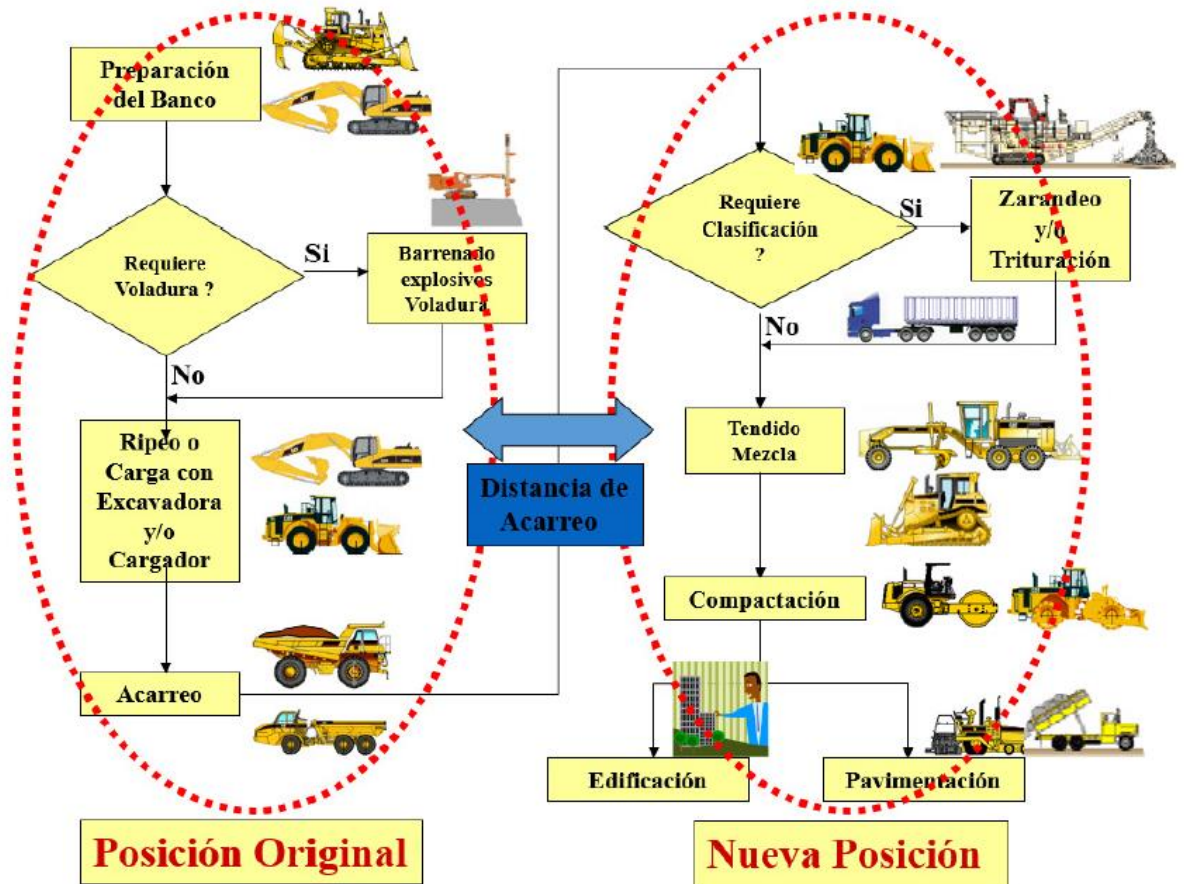
cinta apoyaba la excavadorista a indicarle que el nivel que venía cortando estaba aproximado.

- ✓ El material de corte se desalojó a una distancia no mayor a 4km ya que esa era la oferta. Terminadas los cortes de la calle enviamos a marcar la ubicación y corte niveles de las zanjas de infiltración.
- ✓ Igual que la actividad anterior en las calles esta actividad era corte y cargue directamente al camión de desalojo que igual hacia el mismo recorrido del botadero.
- ✓ Mientras hacíamos las excavaciones de las zanjas enviamos la topografía a marcar los niveles de las terrazas, estos niveles indicaron que algunas áreas necesitaban relleno. Por lo tanto, según cálculos no se desalojó todo el material de corte procedente de la excavación de las zanjas.
- ✓ Proyectando la actividad de relleno con material del sitio
- ✓ Terminando las excavaciones de las zanjas se procedió a acarrear material llamado escoria volcánica para rellenar las zanjas ya que dicha piedra funcionaba como filtro.
- ✓ Una vez terminadas las zanjas se procedió a construir las terrazas. Según los niveles topográficos unos lotes correspondían en cortes y otros rellenos. Para esta actividad se ocupó motoniveladora, y con la retroexcavadora desalojaba, una vez alcanzados los niveles correctos procesaba y compactaba para terminar las terrazas.
- ✓ Cuando la terraza tenía que ser rellenada se cargaba con la retroexcavadora los camiones (material acopiado) y la colocaba en las áreas a subir, posteriormente y final procesaba y compactaba.
- ✓ Por último, procedimos a terminar la calle, acarreamos material selecto para mejorar el suelo natural alcanzando el nivel de diseño, procesamos y compactamos.

En la siguiente figura se describe las actividades y maquinarias que se involucran en el movimiento de tierra para una obra horizontal.

Figura 10:

Metodología para realizar un proyecto de movimiento de tierra básico.



Fuente: Manual de rendimiento de maquinaria Caterpillar.

Capítulo VI: Análisis de resultado

El Proyecto incluye la construcción de camino de acceso o vialidad del mismo, tomando en cuenta las obras de drenajes necesarias para evitar escorrentía provocadas por las laderas del volcán Cosigüina y la construcción de terraza donde se ubicara plataforma, creando las condiciones necesaria para la exploración y prever la presencia de una fuente potencial de calor a una profundidad de aproximadamente 2,500 m, que contiene fluidos geotérmicos con una temperatura de aproximadamente 200 ° C, adecuado para la posterior generación de electricidad geotérmica.

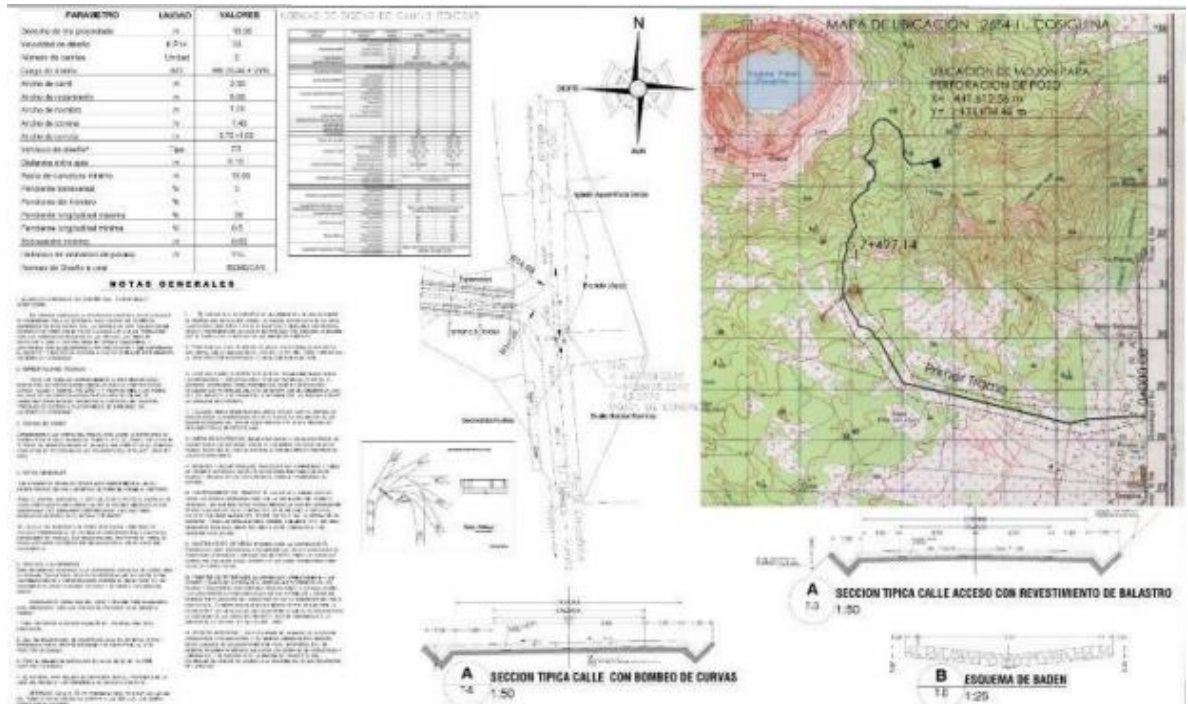
Para su ejecución, el proyecto, en esta primera fase que incluye un (1) pozo exploratorio, contempla los siguientes componentes:

- Camino de acceso y drenajes: mejoramiento de un tramo de camino vecinal de 7.7 km y apertura de un tramo de 4.9 km

Camino de Acceso y Drenajes

El Proyecto contempla en esta primera fase, el mejoramiento del camino de acceso existente que tiene una longitud de 7.70 km, el cual inicia en el empalme de la comunidad El Paraíso, hasta el sitio conocido localmente como “La Zeta”. A partir de este punto, el Proyecto contempla la construcción de un nuevo tramo de 4.90 km de longitud. Tanto el tramo mejorado, como el tramo a construir tendrán un ancho de 10 m, suficiente para permitir el ingreso de las maquinarias y equipos de construcción, carga y equipos de perforación. La construcción de este camino se hará sobre las áreas de menor pendiente tratando de evitar zonas consideradas como ecológicamente frágiles.

Figura 11
Acceso y plataforma de exploración



Fuente: Elaboración propia

Topografía

El estudio topográfico realizado en la zona consistió principalmente en el levantamiento del camino existente y la evaluación de rutas alternativas, el cual contempla detalles como viviendas, drenaje transversal y radio existentes, accesos, intersección, entre otros.

La topografía actual cuenta con una variación de pendiente del orden 0.5% al 30%, denotando una clasificación del tipo de terreno como montañoso.

6.1 Actividades del proyecto

Movimiento de Tierra

Vialidad y acceso Camino:

- Abra y Destronque: Consiste en la tala de arbustos, remoción de troncos, raíces y cualquier otra vegetación o material que sea necesario remover. Esta actividad es primordial ya que facilita realizar y efectuar correctamente el descapote o cualquier otro material sobre la vía que obstaculice la ejecución de las obras.

- Descapote 0.30m espesor: Esta actividad consiste en realizar la remoción de capa vegetal (30 cm o hasta donde se identifique la capa vegetal) y de otros materiales blandos, en áreas donde se proyecta construir camino de acceso y plataformas.

- Cortes y Excavación en la Vía: Esta actividad consiste en realizar el corte del terreno para el establecimiento de terrazas, conformación de la plataforma, y en la ampliación y el nuevo tramo de acceso hacia la plataforma. Esta actividad se realiza mediante los resultados proporcionados por las curvas de nivel y replanteos topográficos seccionados, según diseño del proyecto los cuales indican tramos de corte mediante información replanteada por cuadrillas de topografía.

La geología en el Área de Interés Geotérmico y sus alrededores está dominada por el Volcán Cosigüina. El ambiente geológico en el área de la plataforma de perforación del primer pozo exploratorio está caracterizado por una secuencia de ceniza, arena, tobas y tobas aglomeráticas máficas del Proto Volcán Cosigüina (Pleistoceno), mientras que el trazado del camino de acceso a la plataforma se extiende también sobre otros depósitos más recientes del Volcán Cosigüina, constituidos por lavas basálticas y flujos piroclásticos.

De acuerdo con la caracterización realizada, en el Área de Interés Geotérmico se encuentran suelos con predominancia de arena, limo y grava en diferentes proporciones (arena limosa con grava, limo arenoso, arcilla mal gradada gravosa y grava limosa con arena). Los suelos tienen de moderada a alta permeabilidad y porosidad; y baja capacidad de retención de agua, lo cual es una característica principal de los estratos de arena. Por otro lado, presentaron susceptibilidad a los procesos erosivos.

A lo largo del camino propuesto según diseño, se pudo identificar puntos donde existía una pendiente mayor al 17 %, lo cual presentaba grado de dificultad en la marcha de cualquier equipo rodante o vehículo. En base a normativas técnicas y la necesidad del tránsito de maquinaria a utilizarse y trasladarse hacia la plataforma fue necesario diseñar dichas pendientes con un máximo del 7 %, cabe mencionar que por ser una zona montañosa y de muchos cerros, el mismo diseño planteaba que esta actividad debería ser ejecutada en dichas zonas con obras de protección, construyendo así bermas y taludes que fuesen también protegido con malla sintética biodegradable cubierta con grama.

Para efectos de cálculos de volúmenes de corte, se realizó levantamiento topográfico inicial y luego otro levantamiento final, esto permite saber la topografía existente o terreno natural y como queda una vez realizado los cortes en cada tramo, calculando así mediante secciones transversales los volúmenes reales de corte.

- Rellenos en La Vía: Para las actividades de relleno se realizará escarificación, que consiste en abrir material natural libre de maleza con el objetivo de adherir nuevamente ese mismo material, también se deberá realizar la nivelación, conformación y compactación del terreno, de acuerdo con las especificaciones necesarias para el proyecto, en los sitios donde se requiera según conformación de terrazas y apertura de trochas. En ningún caso las actividades de relleno podrán bloquear el flujo de agua de las quebradas intermitentes donde se atravesase. Tanto en



la construcción como en el mejoramiento del camino de acceso, se deberá construir alcantarillas y vados que permitan la libre pasada de las escorrentías.

Con respecto a esta actividad, cabe mencionar que, aunque se reutilizara material de sitio dicho material deberá ser objeto de estudio y practicar pruebas de compactación que garanticen un buen proceso constructivo de dicha terracería.

- Botado de desechos en distancia de 10 kms: Esta actividad se realiza mediante carga y traslado con equipo mecanizado, se identifica a una distancia de máximo 10 km un sitio destinado y autorizado para el depósito de todo material de abra, tala, destronque y material de corte del sitio.

- Excavación en Préstamo en Banco: Las especificaciones mandan a utilizar material de préstamo. Este material de préstamo debe cumplir con lo estipulado con las normativas en el NIC 2020, para ello se realizó estudio de suelo y tener la granulometría del mismo para saber resistencia y plasticidad, este estudio es necesario para certificar la calidad del banco de materiales y poder explotarlo de manera satisfactoria. Esta actividad se realiza mediante carga y traslado con equipo mecanizado como son excavadoras y tractores de oruga.

La ubicación del banco se encuentra a una distancia no mayor a una distancia de 5 km del empalme donde inicia el proyecto.

- Acarreo de material de préstamo: Consiste en el traslado de material explotado del banco para el relleno y lograr la rasante del camino de acceso y también para la construcción de terraza de plataforma.

- Excavación en Roca: Esta actividad consiste en realizar excavación sobre la vía en los cuales previo a sondeos en diferentes tramos se logró identificar material rocoso. En el traslado de material explotado del banco para el relleno y lograr la rasante del camino de acceso y también para la construcción de terraza de plataforma.

6.2 Cantidad de obra

A continuación, se muestran los alcances contractuales elaborados por el dueño de la obra, los cuales se utilizarán para determinar el tiempo de duración para el movimiento de tierra del proyecto.

Tabla 6.
Cantidad de obras contractuales

| DESCRIPCION | U/M | CANTIDAD |
|---|--------------------|------------|
| Construcción de Camino y Plataforma Para Planta Energetica | | |
| REHABILITACION Y CONSTRUCCION DE CAMINOS | | |
| PRELIMINARES | | |
| Movilización y Desmovilización | Global | 1.00 |
| Obras Temporales de 6.0 x 10.0 mts | m ² | 60.00 |
| Topografía de Replanteo y Nivelación, longitud 12.73 kms | km | 12.73 |
| MOVIMIENTO DE TIERRA | | |
| Abra y Destronque | Ha | 2.61 |
| Desbroce y Desmonte desrame, corte, arpillado y limpieza | Ha | 2.61 |
| Descapote e= 0.30 mts de espesor | m ³ | 2,610.00 |
| Excavación en la vía | m ³ | 124,572.53 |
| Relleno compactado en la vía con material del sitio | m ³ | 16,824.68 |
| Botado de desechos en distancia de 10 kms | m ³ | 108,747.85 |
| Excavación en Préstamo en Banco | m ³ | 19,814.79 |
| Sobre acarreo préstamo seleccionado Caso -1. | m ³ -km | 212,531.07 |
| Revestimiento con Préstamo seleccionado Caso - 1, e= 0.30 mts | m ³ | 19,814.79 |
| Excavación en Roca | m ³ | 1,800.00 |
| Pruebas de compactación 95% Proctor estándar | C/U | 135.00 |
| ESTRUCTURA DE DRENAJES | | |
| Excavación para estructuras | m ³ | 772.69 |
| Mampostería para cabezales, 40% de mortero 1:4 y 60% de bolón | m ³ | 131.38 |
| Suministro e Instalación de Tubería TCR - 2 Ø=30" | ML | - |
| Suministro e Instalación de Tubería TCR - 2 Ø=42" | ML | 28.90 |
| Lecho de arena con espesor 0.15 m | m ³ | 37.30 |
| Relleno estructural semicompactado | m ³ | 444.74 |
| Suministro e Instalación de Tubería TCR - 2 Ø=36" | ML | 83.00 |
| Suministro e Instalación de Tubería TCR - 2 Ø=48" | ML | 37.50 |
| VADO MAMPOSTERIA | | |
| Excavación para Vados | m ³ | 299.18 |
| Mampostería para Vados 60/40 | m ³ | 299.18 |
| DRENAJE LONGITUDINAL | | |
| Excavación para cunetas revestidas | M.L | 8,336.67 |
| Mampostería para cunetas Revestidas 40/60 | M.L | 8,336.67 |
| Contracuneta revestida | M.L | 809.00 |
| Obras de Captación de Sólidos | M ³ | 14,973.49 |
| Pozo Amortiguador de Flujo (Mampostería 60/40) | M ³ | - |
| Soporte de Talud (Geomalla y vetiver) | m2 | 4,900.00 |
| CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA | | |
| PRELIMINARES | | |

Fuente elaboración propia

| | | |
|---|--------------------|------------|
| Movilización y Desmovilización | Global | 1.00 |
| Obras Temporales de 10 x 6.0 mts | m ² | 60.00 |
| Topografía de Replanteo y Nivelación | m ² | 22,500.00 |
| MOVIMINETO DE TIERRA | | |
| Abra y Destronque | Ha | 2.25 |
| Desbroce y Desmorte | Ha | 2.50 |
| Botado de desechos en distancia de 10 kms | m ³ | 24,518.38 |
| Excavación corte Compensado en área de Plataforma | m ³ | 29,748.38 |
| Revestimiento de superficie en plataforma | m ³ | 5,230.00 |
| Excavación en Préstamo seleccionado en Banco | m ³ | 17,268.71 |
| Sobreacarreo préstamo seleccionado Caso -1. | m ³ -km | 240,494.52 |
| Revestimiento Préstamo seleccionado caso - 1 | m ³ | 14,641.98 |
| Protección de taludes con material selecto | m ³ | - |
| Pruebas de compactación 95% Proctor estándar | C/U | 150.00 |
| LIMPIEZA FINAL | | |
| Limpieza Final del Proyecto | Global | 1.00 |

Fuente: Elaboración propia

6.3 Balance / Selección de equipos

El balanceo de equipo consiste en el proceso de selección de equipo en función de un programa de ejecución de la obra que resulte capaz de cumplir con los plazos estipulados por el mismo, previendo incluso causas de fuerza mayor. Los pasos a seguir en el balanceo de equipo son:

1. Juzgar y elegir el equipo de construcción necesario para cada actividad de la obra.
2. Elaborar la selección de maquinaria conforme a la existencia de estas.
3. Fijar los tiempos de ejecución de cada parte de la obra en base a los manuales de cada tipo y/o de acuerdo a experiencias vividas en el campo

Tabla 1:

Lista de equipos

| Tipo de Equipos | No. de Equipos |
|---|-----------------------|
| Excavadora CAT 320C 2009 | 3 |
| Excavadora volvo 210CL 2021 | 1 |
| Excavadora Komatsu PC300 2008 | 1 |
| Camion Volquete de 12 toneladas de capacidad. Marcas Mack 1999, Piterbilt 1990, Freightliner 1999, Kenworth 1994, | 15 |
| CABEZAL con Low boy, año 2000 y 1998 | 2 |
| Bulldozer CAT D6H | 2 |
| Bulldozer CAT D5N 2010 | 1 |
| Bulldozer CAT D8H 1997 | 1 |
| Motoniveladora Carterpillar 140H 2014 | 1 |
| Motoniveladora Carterpillar 12k 2012 | 1 |
| Motoniveladora Carterpillar 120H 2005 | 1 |
| Vibrocompactadora de CAT CS533E 2010 | 2 |
| Vibrocompactadora de Dinapac CA2500 2015 | 1 |
| Cistema de Agua | 4 |
| | |

Fuente: Elaboración propia



6.4 Programación física

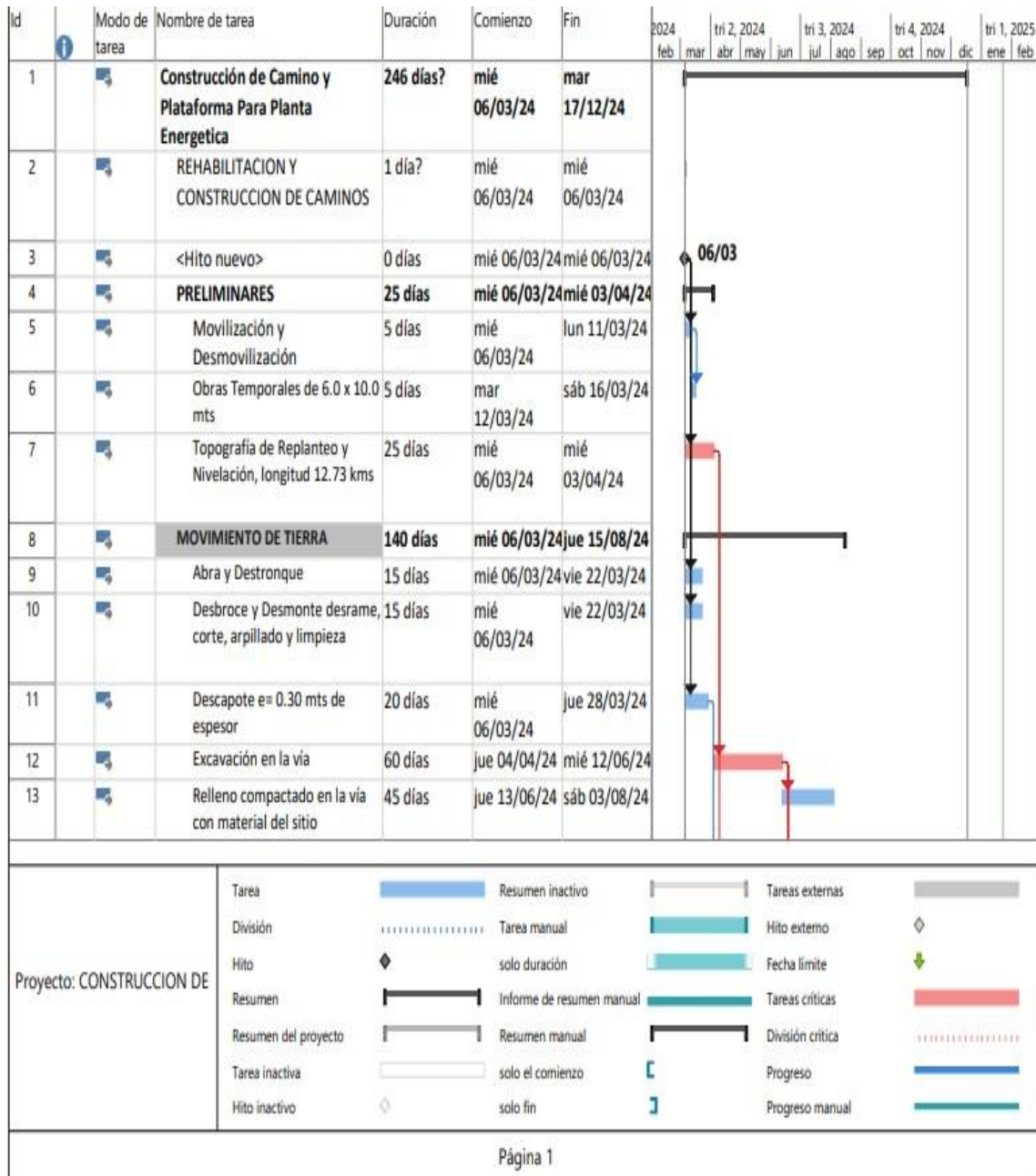
Cada una de las actividades hasta ahora descritas, sería la línea base del proyecto, ya que estiman un costo de ejecución y permiten la adecuación de la estrategia seleccionando los recursos correctos con los que se ejecutara de manera eficiente la obra.

Una vez determinada la selección adecuada de la maquinaria, así como la estimación de cantidades de obra como su valor monetario por actividad, es imperante mantener control de las actividades ejecutadas que deben estar regidas por un programa global que permita a su vez detallar cada sub actividad.

Se utilizará el programa Project 2022 aplicación creada por Microsoft el cual permite de gran manera organizar las tareas y agregar los recursos que se han proyectado utilizar en la ejecución de movimiento de tierra de condominio bello amanecer. A continuación, se muestra los resultados de la programación física

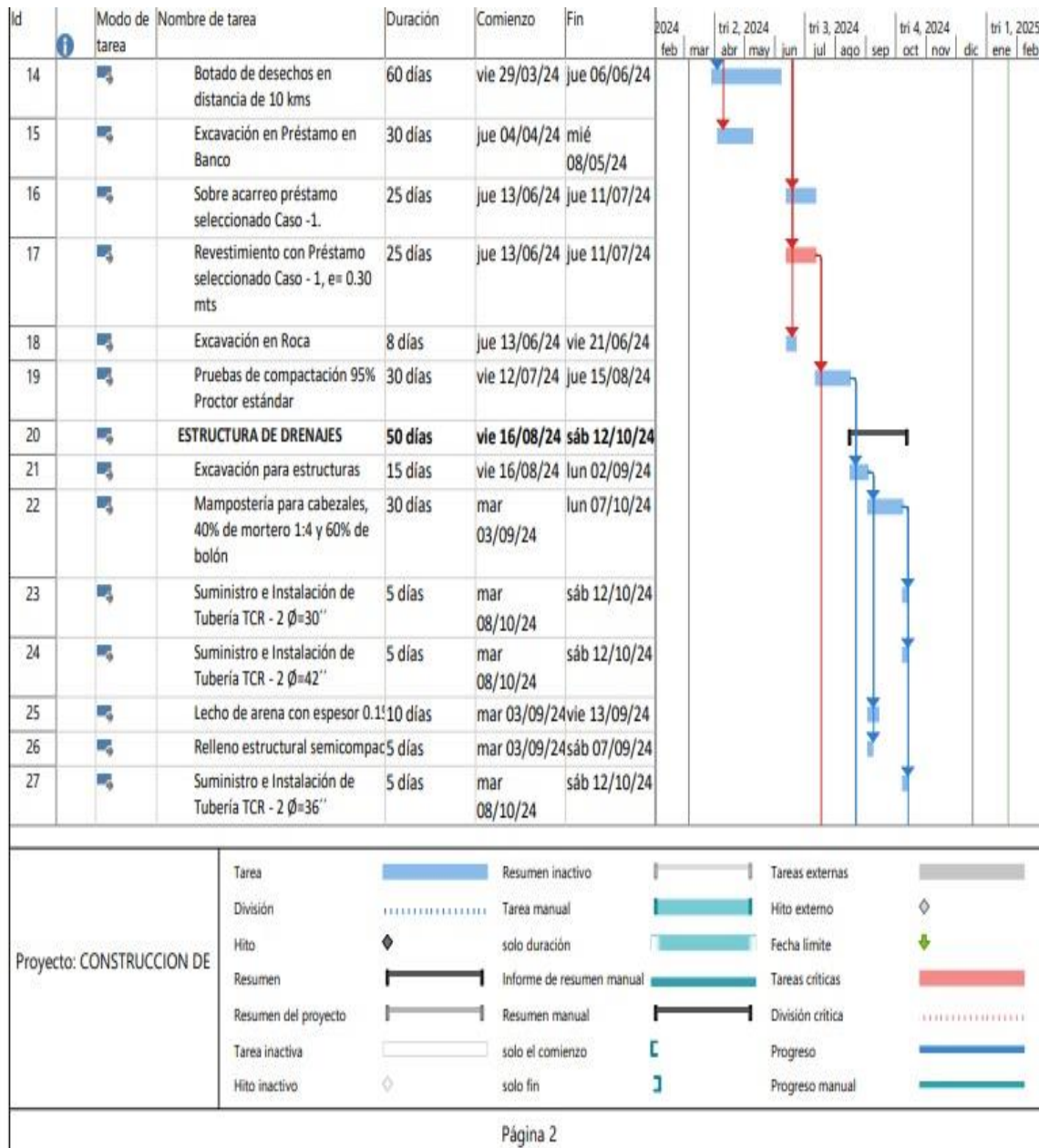
Figura 12:

Desglose de Tareas Proyecto





Propuesta del proceso constructivo del tramo de carretera de 7 km ubicado del municipio del Viejo a la Planta Geotérmica del Volcán Cosigüina municipio de Chinandega, desarrollado en el segundo semestre del 2024.





Propuesta del proceso constructivo del tramo de carretera de 7 km ubicado del municipio del Viejo a la Planta Geotérmica del Volcán Cosigüina municipio de Chinandega, desarrollado en el segundo semestre del 2024.

| Id | Modo de tarea | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | 2024 | | tri 2, 2024 | | | tri 3, 2024 | | tri 4, 2024 | | | tri 1, 2025 | |
|----|---------------|---|----------|--------------|--------------|------|-----|-------------|-----|-----|-------------|-----|-------------|-----|-----|-------------|-----|
| | | | | | | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | ene |
| 28 | | Suministro e Instalación de Tubería TCR - 2 Ø=48" | 5 días | mar 08/10/24 | sáb 12/10/24 | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | VADO MAMPOSTERIA | 55 días | lun 14/10/24 | lun 16/12/24 | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | Excavación para Vados | 25 días | lun 14/10/24 | lun 11/11/24 | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | Mampostería para Vados 60/40 | 30 días | mar 12/11/24 | lun 16/12/24 | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | DRENAJE LONGITUDINAL | 70 días | vie 16/08/24 | mar 05/11/24 | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | Excavación para cunetas revestidas | 30 días | vie 16/08/24 | jue 19/09/24 | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | Mampostería para cunetas Revestidas 40/60 | 40 días | vie 20/09/24 | mar 05/11/24 | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | Contracuneta revestida | 20 días | vie 20/09/24 | sáb 12/10/24 | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | Obras de Captacion de Solidos | 20 días | vie 20/09/24 | sáb 12/10/24 | | | | | | | | | | | | |
| 37 | | Pozo Amortiguador de Flujo (M=) | 15 días | vie 20/09/24 | lun 07/10/24 | | | | | | | | | | | | |
| 38 | | Soporte de Talud (Geomalla y v) | 15 días | vie 16/08/24 | lun 02/09/24 | | | | | | | | | | | | |
| 39 | | CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMA | 1 día? | mié 06/03/24 | mié 06/03/24 | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | PRELIMINARES | 31 días | vie 12/07/24 | vie 16/08/24 | | | | | | | | | | | | |
| 41 | | Movilización y Desmovilización | 1 día | vie 12/07/24 | vie 12/07/24 | | | | | | | | | | | | |
| 42 | | Obras Temporales de 10 x 6.0 m | 10 días | sáb 13/07/24 | mié 24/07/24 | | | | | | | | | | | | |
| 43 | | Topografía de Replanteo y Nivelación | 30 días | sáb 13/07/24 | vie 16/08/24 | | | | | | | | | | | | |
| 44 | | MOVIMIENTO DE TIERRA | 115 días | jue 25/07/24 | jue 05/12/24 | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|--|---------------------------|--|------------------|--|
| Proyecto: CONSTRUCCION DE | Tarea | | Resumen inactivo | | Tareas externas | |
| | División | | Tarea manual | | Hito externo | |
| | Hito | | solo duración | | Fecha límite | |
| | Resumen | | Informe de resumen manual | | Tareas críticas | |
| | Resumen del proyecto | | Resumen manual | | División crítica | |
| | Tarea inactiva | | solo el comienzo | | Progreso | |
| | Hito inactivo | | solo fin | | Progreso manual | |

Página 3



Propuesta del proceso constructivo del tramo de carretera de 7 km ubicado del municipio del Viejo a la Planta Geotérmica del Volcán Cosigüina municipio de Chinandega, desarrollado en el segundo semestre del 2024.

| Id | Modo de tarea | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | 2024 | | tri 3, 2024 | | | tri 4, 2024 | | | tri 1, 2025 | | |
|----|---------------|--|----------------|---------------------|---------------------|------|-----|-------------|-----|-----|-------------|-----|-----|-------------|-----|-----|
| | | | | | | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
| 45 | | Abra y Destronque | 6 días | jue 25/07/24 | mié 31/07/24 | | | | | | | | | | | |
| 46 | | Desbroce y Desmonte | 6 días | jue 01/08/24 | mié 07/08/24 | | | | | | | | | | | |
| 47 | | Botado de desechos en distancia | 8 días | jue 01/08/24 | vie 09/08/24 | | | | | | | | | | | |
| 48 | | Excavación corte Compensado e | 20 días | sáb 17/08/24 | lun 09/09/24 | | | | | | | | | | | |
| 49 | | Revestimiento de superficie en plataforma | 25 días | sáb 17/08/24 | sáb 14/09/24 | | | | | | | | | | | |
| 50 | | Excavación en Préstamo seleccionado en Banco | 20 días | lun 16/09/24 | mar 08/10/24 | | | | | | | | | | | |
| 51 | | Sobreacarreo préstamo seleccio | 25 días | lun 16/09/24 | lun 14/10/24 | | | | | | | | | | | |
| 52 | | Revestimiento Préstamo seleccionado caso - 1 | 25 días | mié 09/10/24 | mié 06/11/24 | | | | | | | | | | | |
| 53 | | Protección de taludes con material selecto | 15 días | jue 07/11/24 | sáb 23/11/24 | | | | | | | | | | | |
| 54 | | Pruebas de compactación 95% Proctor estándar | 25 días | jue 07/11/24 | jue 05/12/24 | | | | | | | | | | | |
| 55 | | LIMPIEZA FINAL | 10 días | vie 06/12/24 | mar 17/12/24 | | | | | | | | | | | |
| 56 | | Limpieza Final del Proyecto | 10 días | vie 06/12/24 | mar 17/12/24 | | | | | | | | | | | |
| 57 | | FIN | 0 días | mar 17/12/24 | mar 17/12/24 | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|--|---------------------------|--|------------------|--|
| Proyecto: CONSTRUCCION DE | Tarea | | Resumen inactivo | | Tareas externas | |
| | División | | Tarea manual | | Hito externo | |
| | Hito | | solo duración | | Fecha límite | |
| | Resumen | | Informe de resumen manual | | Tareas críticas | |
| | Resumen del proyecto | | Resumen manual | | División crítica | |
| | Tarea inactiva | | solo el comienzo | | Progreso | |
| | Hito inactivo | | solo fin | | Progreso manual | |

Fuente: Elaboración propia



Cada actividad descrita en la imagen anterior establece un orden de trabajo que no necesariamente será escalonado, esto estará en dependencia de las estrategias que se tomen más convenientes para iniciar la obra en campo y que permitan un mejor desempeño de la maquinaria. Y que estén relacionadas de manera muy cercana a las atendidas en la elaboración del presupuesto.

Ahora los tiempos de duración de cada actividad estarán en dependencia del rendimiento calculado anteriormente.

De igual manera los recursos que son los equipos a utilizar en cada actividad descrita en el programa de ejecución deberán ser detallados uno por uno, especificando su costo por renta horaria, así como todos aquellos costos en los cuales se incurre para poder tener dicho recurso en la obra.

De esta manera se puede agrupar la información permitiendo obtener un programa físico financiero y de seguimiento que sirve de comparativo con el presupuesto de la obra. Cabe destacar que el diagrama de Gantt que se forme luego de agregar cada una de las actividades de ejecución y debidamente relacionadas unas con otras nos permitirán observar cual será la ruta crítica del programa, permitiendo tener mayor énfasis en las tareas que componen dicha ruta crítica.



Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

Partiendo del análisis del uso de la maquinaria requerida para la ejecución del proyecto, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1) La maquinaria propuesta para ejecutar la obra una vez conocidos los alcances, permite desarrollar todas las actividades que describe el proyecto, en caso de algunas tareas como lo es el corte a nivel de sub rasante explica un proceso que es analizado en función de la lógica de trabajo, así como del costo de ejecución del mismo.
- 2) El rendimiento de los principales equipos empleados en el movimiento de tierra, estará ligado con la gestión de mantenimiento de maquinaria para brindar el buen funcionamiento del equipo.
- 3) Las estrategias adoptadas para el mejoramiento de la productividad aplicada a la maquinaria logro estimar la ejecución en 246 días calendarios, a través la programación detalla de las actividades.



7.2 Recomendaciones

A partir del análisis de los resultados, realizamos las siguientes recomendaciones como estrategias para potenciar la productividad de la maquinaria:

- 1) Las Especificaciones NIC-2000 son normativas en la administración y construcción de obras viales y deben ser incorporadas al Contrato, por referencia, si se quiere contar con una herramienta que comprometa y obligue a ambas partes contratantes con fuerza legal ante cualquier instancia judicial, o de arbitramento.
- 2) La falta de mantenimiento crea afectaciones que pueden ser perjudiciales para la maquinaria y para el avance del proyecto en sí, generando mayores costos de ejecución, que a la larga provocan pérdidas sustanciales.
- 3) Crear una organización sistemática que incluya al personal de mantenimiento.
- 4) Programar Mantenimientos Preventivos, los que se deben realizar fuera de la jornada laboral
- 5) El uso del Software Project que permite establecer una ruta crítica, así como garantizar que los recursos no estén en conflicto.

Bibliografía

- ✓ Ballester, Francisco. Máquinas de Movimiento de Tierra. Criterios de Selección. / Francisco Ballester, Jorge Capote. 2da. Edición. España: Editorial Pedeca, 1998. 405 p.
- ✓ Crespo Villalaz, Carlos. Vías de Comunicación. / Tercera Edición. México: Editorial Limusa, 2000. — 715 p.
- ✓ Earth Moving Cost Optimization by Operational Research, John Christian and H. Caldera. Journal Civil Engineering N° 15, pages.. 679 – 684, Canada,1998.
- ✓ Orta Amaro, Pedro Andrés. Tecnología de Construcción de Explanaciones, Editorial Félix Varela, La Habana, Abril, 2013, 266 p.
- ✓ Orta Amaro, Pedro Andrés. Maquinarias de Movimiento de Tierras, en edición por la Editorial Félix Varela, La Habana.
- ✓ Orta Amaro, Pedro Andrés. Perfeccionamiento de la Ejecución Mecanizada de los Movimientos de Tierra. / Pedro Andrés Orta Amaro. Tesis en opción del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Abril 1996 — 89 p.
- ✓ Organización de la ejecución de una explanación vial. Trabajo de Diploma, Amauris Noquera y Zhenia M. Fabrá, Tutor, Dr. Ing. Evelio Jústiz García, Universidad de Oriente, Mayo, 1996.
- ✓ Rico Rodríguez Alfonso; Del Castillo Mejía Hermilio. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Volúmenes 1 y 2. Editorial Limusa, S.A de C.V Grupo Noriega Editores, México D.F., 2003.

ANEXOS

Anexo 1: Planos topográficos

