

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA BASE Y SUBBASE
GRANULAR USANDO UNA EXTENDEDORA DE AGLOMERADOS Y
MAQUINARIA CONVENCIONAL EN EL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN
DE LA SEGUNDA CALZADA DE LA RED VIAL N° 4 - REGIÓN ANCASH ”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
CHÁVEZ ROMERO ELVIS LEONARDO**

ASESORES

**Ing. ALEJANDRO CUBAS BECERRA
MCs. Ing. JAIME AMORÓS DELGADO**

CAJAMARCA - PERÚ

2014

AGRADECIMIENTOS

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CAJAMARCA Y A LA FACULTAD
DE INGENIERIA CIVIL**

**A LOS ASESORES
ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA
E ING. JAIME AMOROS DELGADO**

**Gracias por su apoyo para
realizar este trabajo**

**A LOS INGENIEROS
ROLANDO ZERPA SOLANO
Y A DAVID MILLA ROMERO
Grandes amigos y compañeros de trabajo
gracias por su apoyo y consejos**

DEDICATORIA

A MIS PADRES
VICTOR CHÁVEZ ALIAGA
CARMEN ROMERO GÁLVEZ
A quien doy gracias por darme
la vida, por toda la paciencia
y su apoyo incondicional

ÍNDICE

Contenido	Página
Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Índice.....	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
CAPITULO I: INTRODUCCION.....	1
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Bases Teóricas.....	4
2.2.1. Ingeniería de Costos.....	4
2.2.2. Control de Calidad.....	8
2.2.3. Procesos Constructivos.....	9
2.3 Glosario de Términos.....	11
CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1 Del Proyecto.....	13
3.1.1. Aspectos Generales.....	13
3.1.2. Ubicación del Proyecto.....	13
3.1.3. Equipos Utilizados en el Proyecto.....	16
3.1.4. Variables Utilizadas.....	16
3.1.5. Procedimientos.....	16
3.1.6. Tratamiento de Datos y Presentación de Resultados.....	17

CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	19
4.1 Resultados de la Investigación.....	19
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
5.1 Conclusiones.....	34
5.2 Recomendaciones.....	35
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	36
ANEXOS.....	37
ANEXOS (A) TABLAS.....	38
ANEXOS (B) FIGURAS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Título	Página
TABLA 1: Costos unitarios y rendimientos del proyecto para subbase granular...7	
TABLA 2: Costos unitarios y rendimientos del proyecto para base granular.....8	
TABLA 3: Tramos de la Segunda Calzada Red Vial N°4.....13	
TABLA 4: Cuadro General de Dimensiones AASHTO 1993 Tramo 3 PSI= 2.5...18	
TABLA 5: Rendimiento de Maquinaria Pesada.....18	
TABLA 6: Costos unitarios y Rendimientos de extendido de subbase granular...19	
TABLA 7: Costos unitarios y Rendimientos de extendido de base granular.....19	

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
FIGURA 1: Mapa de Ubicación Red Vial N°4.....	14
FIGURA 2: Localización del Proyecto Red Vial N°4.....	15
FIGURA 3: La sección típica del tramo.....	20

RESUMEN

En la presente investigación se calculó los rendimientos y los costos unitarios de la maquinaria no convencional (extendedora de agregados, rodillo, cisterna) y de la maquinaria convencional (motoniveladora, rodillo, cisterna) en la construcción de la segunda calzada de la red vial N°4 - Región Ancash; el cual tiene por objetivo el análisis y comparación de la construcción de base y subbase granular usando una extendedora de aglomerados y usando maquinaria convencional durante el período de marzo a junio del 2013; los datos que se obtuvieron y analizaron son de campo y de reportes físicos los cuales se procesaron en una hoja de excel, los resultados que se obtuvieron son muy productivos en comparación a los hechos en el centro de costos y planeación al inicio de la partida que tiene un costo de 6.57 soles/m³ en conformación de base granular , mientras que el costo unitario promedio calculado de base granular con extendedora de agregados es de 6.21 soles/m³ y el costo unitario promedio de base granular con maquinaria convencional es de 4.98 soles/m³; y el costo hecho en el centro de costos y planeación de subbase granular es de 7.97 soles/m³, el costo unitario promedio calculado de subbase granular con extendedora de agregados es de 4.44 soles/m³ y el costo unitario promedio de subbase granular con maquinaria convencional es de 3.57 soles/m³. Se recomendó la utilización de extendedora de agregados si se lo tuviera dentro de sus posibilidades como es en este caso o de acuerdo de la envergadura de la obra.

Palabras claves: Rendimiento, costos unitarios, maquinaria convencional, maquinaria no convencional, base granular, subbase granular, productivos, centro de costos y planeación, envergadura de obra.

ABSTRACT

In the present investigation yields and unit costs of unconventional machinery (aggregate paver, roller, tank) and conventional machinery (grader, roller, tank) in the construction of the second carriageway of the road network N°4 was calculated - Ancash Region; which aims to analyze and compare the construction of granular base and subbase using a paver and aggregates using conventional machinery during the period march to june 2013; the data are obtained and analyzed field and physical reports which were processed in an excel spreadsheet, the results obtained are very productive compared to the facts in the cost center and planning at the beginning of the item has a cost of 6.57 soles / m³ in shaping granular base, while the average unit cost calculated based granular aggregates with paver is 6.21 soles / m³ and the average unit cost of conventional granular base machine is 4.98 soles / m³; and cost made in cost center planning and granular subbase is 7.97 soles / m³, the average unit cost calculated granular subbase with paver aggregates is 4.44 soles / m³ and the average unit cost of granular subbase with conventional machinery is 3.57 soles / m³. Using paver aggregates are recommended if you have within your means as in this case or according to the size of the work.

Keywords: Performance, unit costs, conventional machinery, unconventional machinery, granular base, granular subbase, productive, center cost and planning, scope of work.

CAPITULO I: INTRODUCCION

La evolución que ha tenido la ingeniería en los procesos de construcción se inicia con la necesidad del hombre por construir con una mayor velocidad a un menor costo y con una gran calidad; pero para cumplir con esta necesidad el hombre ha tenido que ir inventando nuevas máquinas, nuevos ensayos y a la vez nuevas formas de controlar su proceso constructivo.

Se sabe que para llegar a construir una carretera siempre se tiene que respetar las fases de construcción dependiendo del tipo de pavimento, pudiendo ser flexible o rígido; ambos tipos constan normalmente de tres fases, las cuales son: subbase granular, base granular y capa de rodadura.

En la subbase y la base granular se tiene la misma forma de construir, ya que se usan normalmente el mismo tipo de material y maquinaria convencional (motoniveladoras, tractores, rodillos y cisternas de agua); pero en los últimos años ha ingresado al mercado una máquina no convencional llamada extendedora de agregados la cual cambiará totalmente la forma de construir la subbase y base, y no solamente esto, sino que se espera que con dicha máquina se construya más rápido con menos costo y con semejante calidad.

En la investigación a realizarse en la obra: “ Construcción de la segunda calzada de la red vial N° 4 – Región Ancash”, se analizó y verificó si en realidad es mejor construir bases y subbases haciendo uso de una extendedora de agregados, ya que si así lo fuera, se recomendará utilizar este tipo de maquinaria en próximos proyectos.

De lo mencionado anteriormente podríamos preguntarnos:

¿Los rendimientos y los costos de la extendedora mecánica de agregados son superiores que de los equipos mecánicos convencionales?

La investigación tiene como finalidad hacer llegar a estudiantes, bachilleres o profesionales el tema de rendimientos y de costos de maquinarias; datos que puedan usar como base para el control de costos de equipos mecánicos en proyectos con características similares. Ya que se analizó los rendimientos y los costos unitarios de las máquinas empleadas en el proyecto, sabiendo la importancia que tiene el uso de

estos equipos debido a que representa una cantidad significativa en el presupuesto del proyecto.

La investigación se desarrolló en 5 Km y los datos obtenidos fueron de reportes físicos y de lo observado en campo; y se analizó de la siguiente forma:

- Base: km 350+000 – Km 352+250
- Subbase: Km 343+500 – Km 346+000

La investigación trata de contestar éstas preguntas, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Analizar y comparar la construcción de la base y la subbase granular usando una extendedora de aglomerados y usando maquinaria convencional, analizado desde el punto de vista rentable en la obra: “Construcción de la segunda calzada de la red vial N° 4 – Región Ancash”.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir, si el uso de la extendedora de aglomerados en la construcción de bases y subbases granulares, nos sirve para disminuir los costos de ejecución de carreteras.
- Determinar el rendimiento para la conformación de base y subbase utilizando maquinaria convencional, y extendedora de agregados.

Una vez establecidos los objetivos se planteó la **HIPÓTESIS DE LA TESIS** que es la siguiente:

Que el rendimiento y los costos que se obtuvieron en la construcción de subbases y bases granulares usando motoniveladoras, es menor en 25% al usar una extendedora de agregados.

Los contenidos que se desarrollaron en los capítulos siguientes son:

CAPITULO II: Antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas, definición de términos básicos.

CAPITULO III: Materiales y métodos (Ubicación geográfica, tiempo en la cual se realizó la investigación, procedimiento de la investigación, tratamiento y análisis de datos y presentación de datos).

CAPITULO IV: Análisis y discusión de resultados según la secuencia de los objetivos planteados.

CAPITULO V: Conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Internacionales.

En el ámbito internacional no se han encontrado trabajos o estudios relacionados con el tema de tesis, solo comentarios de la utilización de extendedora en <http://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/23530>, que es un enlace de internet donde Richard Needham gerente de la empresa asociada Site batch, menciona: “Que es la primera vez que intentamos siquiera poner una base previa de 300 milímetros con un ancho de 11 metros de una pasada y con una tolerancia de +/- 15 mm, y ha funcionado muy bien”.

2.1.2 Nacionales y Locales.

En el ámbito nacional y local no se han encontrado trabajos o estudios relacionados con el tema de tesis, solo comentarios de la utilización de extendedora de agregados de algunos profesionales que han tenido la oportunidad de participar en obras de gran envergadura y ver la utilización de dicha máquina, los cuales llegan a una conclusión que: “La utilización de extendedora de agregados es eficiente y rápida y menos costosa si se llega a su máximo rendimiento”.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. INGENIERÍA DE COSTOS

Aquí analizaremos todos los precios unitarios directos que debemos considerar para la conformación de subbase y base granular, para lo cual se han tenido presente las siguientes consideraciones: rendimiento de la mano de obra, rendimiento del equipo mecánico, la cantidad estimada de materiales e insumos que son necesarios, los factores climáticos y sociológicos que son necesarios para cada una de las partidas de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

a) **MANO DE OBRA:** Los precios unitarios por este concepto han sido referidos a la siguiente categorización:

- Capataz: Encargado de realizar todo tipo de trabajo.

- **Operario:** Trabajadores calificados en una especialidad en la rama. En esta misma categoría se consideran a los maquinistas que desempeñan las funciones de los operarios mezcladores, concreteros, wincheros, etc.
- **Oficial:** Los trabajadores que desempeñan las mismas ocupaciones, pero que laboran como ayudantes del operario que tenga a su cargo la responsabilidad de la tarea y que no hubieran alcanzado plena calificación en la especialidad, en esta categoría también están comprendidos los guardianes.
- **Peón:** Los trabajadores no calificados que son ocupados indistintamente en diversas tareas de la construcción.

b) EQUIPO MECANICO: Se ha elaborado un listado de los equipos mecánicos y su calendario de utilización que intervendrán en las diferentes partidas de la obra. Para determinar el cargo o pago por éste concepto sobre el costo directo de cada partida, se tuvo en cuenta los rendimientos del equipo mecánico según las condiciones de emplazamiento de la obra. Los costos utilizados corresponden a los costos de alquiler horario del equipo mecánico. Aquí consideraremos el precio de alquiler de las motoniveladoras, del rodillo liso, rodillo neumático, el del alquiler de la cisterna de agua.

Los equipos que mencionamos a continuación son los que se emplearon para la conformación de la base y subbase granular, los cuales son esenciales para dicho fin y son:

- **ESPARCIADORA DE AGREGADOS VOLVO ABG 9820:** Es ideal para grandes proyectos de extendido que requieren una gran velocidad y calidad óptima de la capa extendida:

- Autopistas.
- Carreteras principales y autovías.
- Construcción de aeródromos.
- Carreteras urbanas.
- Vías de ferrocarril (calzadas duras o balasto para vías de ferrocarril).

La esparciadora ha sido diseñada para aplicar todo tipo de capas de desgaste, aglomerante y base, en grandes anchuras de extendido, hasta 16 m, y espesores de hasta 500 mm. Gran rendimiento de extendido, potencia de reserva en abundancia, un diseño robusto y la conocida facilidad de operación de volvo son características importantes de esta extendedora para servicio pesado, como se muestra en la figura 1.

- **MOTONIVELADORA CAT 135H Y NEW HOLLAND RG 170B:**

Es utilizado para mover tierra u otros materiales sueltos. Bajo consumo de combustible que reduce los costos de operación y el impacto en el medio ambiente. Su función principal es nivelar, moldear o dar pendiente; y la de extender y refinar material en la conformación de rellenos, subrasante, subbase y base; como se muestra en las figuras 2,3.

- **RODILLO LISO CAT CS533D:**

Nos sirve para compactar, tiene un peso de 10 - 12 toneladas; y conformar los diferentes niveles de la calzada desde la compactación de un mejoramiento de terreno hasta la subbase y base granular, como se puede observar en figura 4.

- **RODILLO NEUMATICO CAT PS180:**

Nos ofrece alto rendimiento de compactación, velocidad y rendimiento en pendiente para maximizar la productividad mientras proporciona fiabilidad y durabilidad excepcionales. Se utiliza generalmente cuando el material es arenoso, como se puede observar en la figura 5.

- **CISTERNA DE AGUA:**

Conocido como camión cisterna, nos sirve para transportar el agua no potable, lo cual es utilizado para humedecer el material para poder conformar las diferentes capas de la calzada, y para disminuir el polvo en obra. Gran mayoría de estas cisternas tiene una capacidad de 5 000 galones, como se puede observar en la figura 6.

c) **MATERIALES E INSUMOS:** Los costos de los materiales e insumos indicados en las especificaciones técnicas, que serán utilizados en cada una de las partidas han sido determinados teniendo en cuenta los costos que se

requieren para ser colocados a pie de obra. Por ello; el costo del material es de fábrica sin incluir el Impuesto General de las Ventas (IGV). Se considera el precio del petróleo, el costo del material producido a utilizar y el costo de materiales auxiliares (cables, winchas, cordeles, yeso, estacas, etc.).

Del proyecto obtuvimos los costos unitarios y los rendimientos para el extendido y compactación de base y subbase granular los cuales son mostrados en las siguientes tablas:

TABLA 1: Costos unitarios y rendimientos del proyecto para subbase granular.

Partida	(020101030301-1101001-01) EXTENDIDO Y COMPACTADO DE SUBBASE GRANULAR							
Rendimiento	m3/DIA	MO.520.00	EQ.520.00	Costo unitario directo por : m3		3.21		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ		hh	0.5000	0.0077	6.27	0.05	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0154	4.28	0.07	
0101010005	PEON		hh	6.0000	0.0923	3.86	0.36	
0.47								
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	0.48	0.02	
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10-12 ton 100HP		hm	1.0000	0.0154	46.58	0.72	
0301200002	MOTONIVELADORA CAT 140H		hm	1.0000	0.0154	70.59	1.09	
1.83								
Subpartidas:								
020101060601	TRANSPORTE DE AGUA PARA LA OBRA		m3		0.1700	5.31	0.90	
0.90								

FUENTE: EDI Red Vial N° 4 – Diseño de Pavimentos

TABLA 2: Costos unitarios y rendimientos del proyecto para base granular.

Partida	(020101030302-1101001-01) EXTENDIDO Y COMPACTADO DE BASE GRANULAR							
Rendimiento	m3/DIA	MO.500.00	EQ.500.00	Costo unitario directo por : m3		3.35		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US	
Mano de Obra								
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0160	4.28	0.07	
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0160	6.27	0.10	
0101010005	PEON		hh	6.0000	0.0960	3.86	0.37	
0.54								
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	0.54	0.03	
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10-12 ton 100HP		hm	1.0000	0.0160	46.58	0.75	
0301200002	MOTONIVELADORA CAT 140H		hm	1.0000	0.0160	70.59	1.13	
1.90								
Subpartidas:								
020101060601	TRANSPORTE DE AGUA PARA LA OBRA		m3		0.1700	5.31	0.90	
0.90								

FUENTE: EDI Red Vial N° 4 – Diseño de Pavimentos

2.2.2 CONTROL DE CALIDAD

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto por lo tanto antes de establecerse cualquier uso del suelo es necesario conocer sus características, en este sentido es importante que la muestra de suelos sea representativa del terreno que se desea evaluar. Por ejemplo mencionamos:

- ✓ Clasificación visual: 50—500gr.
- ✓ Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares: 0.50 a 2.5 kg.
- ✓ Ensayo de compactación y granulometría del suelo-agregado granular: 20-40 kg.
- ✓ Producción de agregados o ensayo de propiedades de agregados: 50-200 Kg.

En el caso de la subbase y base granular ya puesto en obra o pista deben cumplir con los controles mencionados en las especificaciones técnicas que se muestran en el ANEXO TABLAS (ANEXO N°1).

En este ítem se controla la conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto. También el suministro, colocación y compactación de material de subbase y base granular aprobado sobre una superficie preparada, como la prueba de rigor que es la de la Viga Beckelman.

Para la aceptación de estos trabajos el supervisor efectuó los controles ya indicados y emitirá la aprobación de estos para seguir con el procedimiento adecuadamente, veremos de una forma rápida los controles:

- Chequear los puntos topográficos a medida de los espesores determinados en el proyecto y la verificación de la superficie. Esto se puede observar desde el plantillado que se hace con piquetas; o con piedras o estacas en la superficie del pavimento.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en la respectiva especificación. Y supervisar la correcta aplicación del método de trabajo para base y subbase granular, como se puede observarse en las figuras 9, 10, 11,12 (ANEXO FIGURAS).
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio. Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de

agregado grueso, siempre que ello sea necesario. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construido de acuerdo con el proceso constructivo aplicado, como se ven en las figuras 13, 14, 15,16 (ANEXO FIGURAS).

2.2.3. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

a) Con Extendedora

a.1) Colocación de Piquetas: Como en todo proceso, aquí es necesario la topografía pero para este caso en particular los niveles y anchos de la base y subbase se colocan unas piquetas metálicas a través del cual pasará un cable metálico que sirve para que los sensores de la extendedora puedan guiar la plancha a este nivel que es puesto por el topógrafo de acuerdo a las planillas con el % de esponjamiento correspondiente, estas piquetas se colocan cada 10 metros, como se observa en la figura 7.

a.2) Extendido de base: Una vez que se tienen colocadas y niveladas las piquetas con el cable respectivo se procede a ubicar la maquina usando como guía el cable, se procede a verter el material en la tolva de la extendedora ubicada en la parte trasera, y mediante fajas se transporta a unos gusanos metálicos que lo distribuyen a lo ancho de toda la superficie dejando un acabado uniforme y con una eficiencia muy alta, la extendedora le da una pequeña compactación de cerca del 90 %, cabe resaltar que el material que se coloca debe venir de cantera con un porcentaje mayor que su humedad óptima.

a.3) Compactación: Una vez que el material es extendido se coloca un rodillo liso de 10 - 12 toneladas que viene compactado toda la capa colocada sin alejarse mucho de la extendedora para que el material no pierda humedad.

a.4) Refine Manual: Una vez compactada la superficie, se tiene una cuadrilla integrada por dos rastrilleros y un ayudante que con la ayuda

de una regla de aluminio de 6 metros y un cordel de nailon vienen reparando cualquier ondulación o error de lisura que se presente en la superficie de acuerdo a las tolerancias permitidas en el expediente técnico, una vez corregidas estas ondulaciones o fallas se vuelve a dar una pequeña compactación para que la superficie quede uniforme.

- a.5) Listado de Autocontrol:** Luego que se termina el refine manual los topógrafos marcan los anchos de la calzada y el eje y proceden a tomar las cotas estas deben estar dentro de la tolerancia permitida si hubiera alguna que este fuera, se vuelve al proceso anterior, hasta que tengamos una superficie que este dentro de las tolerancias establecidas.

FUENTE: Zerpa Solano Rolando - 2013 – Sistema de Gestión Integrada OHL (SGI)

b) Con Motoniveladora

- b.1) Colocación de estacas:** Lo primero que se hace es colocar estacas de madera, en el caso de la subbase se colocan 3 estacas en cada progresiva sucesiva de 20 metros y para la base se colocan 4 estacas en cada progresiva sucesiva de 10 metros, en el caso de la base se colocan más estacas porque se requiere mayor exactitud ya que es la capa que va a recibir al asfalto, luego se procede a nivelar estas estacas de acuerdo a las planillas del proyecto aumentándole el % de esponjamiento respectivo, como se observa en la figura 8.
- b.2) Colocación y extendido de material:** Luego que se tienen los niveles y anchos colocados mediante estacas se procede a colocar material transportado de la cantera por medio de volquetes en todo el ancho de la superficie para luego ser extendido por una motoniveladora al nivel de las estacas.
- b.3) Conformación de superficie:** Después de tener extendido el material se procede al compactado de la superficie con ayuda del rodillo.
- b.4) Verificación de Niveles:** Una vez terminada la conformación de la superficie el topógrafo tiene que volver a verificar los niveles de las

estacas y dejarlos al nivel requerido ya que generalmente en la conformación puede haberse movido alguna estaca.

b.5) Primer Refine: Teniendo las estacas corregidas la motoniveladora tiene que volver a conformar el material al nivel de las estacas y compactarlo, luego de esto el topógrafo vuelve a verificar las estacas.

b.6) Refine Final y Prueba de Lisura: Esta es la última conformación que se hace para poder así asegurarnos que la superficie este dentro de las tolerancias establecidas en las especificaciones técnicas en cuanto a nivelación.

b.7) Listado de Autocontrol: Una vez terminados los procesos anteriores el topógrafo toma las cotas de las estacas y hace una planilla que debe estar dentro de las tolerancias establecidas.

FUENTE: Milla Romero David - 2013 – Sistema de Gestión Integrada OHL (SGI)

2.3. GLOSARIO DE TERMINOS

- **Base Granular:** Capa de material seleccionado y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase y la capa de rodadura.
- **Subbase Granular:** Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subrasante y la base granular.
- **Control de Calidad:** Son todos los mecanismos, acciones, herramientas que realizamos para detectar la presencia de errores. La función del control de calidad es para conocer las especificaciones establecidas por la ingeniería del producto y proporcionar asistencia al departamento de fabricación, para que la producción alcance estas especificaciones. Como tal, la función consiste en la recolección y análisis de grandes cantidades de datos que después se presentan a diferentes departamentos para iniciar una acción correctiva adecuada.
- **Costo de ejecución:** Son costos ocasionados por servicios, personal u órganos que no están específicamente dedicados a la producción o a la venta.

- **Rendimiento:** Es el cociente entre el trabajo útil que realiza una máquina en un intervalo de tiempo determinado y el trabajo total entregado a la máquina en ese intervalo de tiempo expresado en porcentaje.
- **Maquinaria Convencional:** Es un tipo de maquinaria fácil de adquirir que tiene características sofisticadas y que es común en el mercado.
- **Extendedora:** Equipo mecánico utilizado para el extendido de base y subbase granular. Conocido como esparciadora de agregados, es una maquina especial o no convencional.
- **Aglomerado:** Masa compactada de forma regular compuesta por fragmentos de cartón, corcho, arena, cohesionados bajo presión mediante un aglomerante (brea, cola, cemento).
- **Piquetas:** Objeto de madera o de metal acabado en punta que se clava en la tierra.

FUENTE: Zerpa Solano Rolando y Milla Romero Davis - 2013 – Sistema de Gestión Integrada OHL (SGI)

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

3.1 DEL PROYECTO

3.1.1. ASPECTOS GENERALES

El contrato de concesión, otorgado a Autopistas del Norte S.A.C, proyecto denominado “Construcción de la Segunda Calzada de la Red Vial N°4” contempla 356.21 km, los evitamientos de las ciudades de Virú -Chao, Chimbote, Casma y Huarney, 8 óvalos, 16 pasos a desnivel y 20 puentes peatonales. La topografía que presenta es de tipo llana a ondulada, con un clima cálido con muy pocas precipitaciones pluviales; tiene una temperatura mínima de 10°C y máxima de 27°C. El acceso para ingresar a este proyecto es desde la ciudad de Casma o de Huarney; puesto que en algunos tramos es paralela a la panamericana norte, los principales accesos son por esta vía.

3.1.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto atraviesa longitudinalmente los departamentos de Lima, Ancash y La Libertad, que se localizan al norte de la costa del Perú; la Red Vial N°4, se desarrolla entre las progresivas Km. 557+200 al Km. 206+700 de la Carretera Panamericana Norte (Ruta 01N).

Los tramos del proyecto se trabajaran siguiente en cuenta la metodología del diseño los cuales reúnan características similares en función del servicio que prestarán, volumen de tránsito y topografía de la zona, siendo esto importante para poder establecer los parámetros de diseño, acordes con la normativa vigente y del contrato de concesión; los cuales establecen que el estudio de la Segunda Calzada se desdobra en cuatro tramos:

TABLA 3: Tramos de la Segunda Calzada Red Vial N°4

N°	TRAMO	PROGRESIVAS
1	Dv. Salaverry - Santa	Km. 557+200 - Km. 450+000
2	Santa - Casma	Km. 450+000 - Km. 381+820
3	Casma - Huarney	Km. 369+790 - Km. 299+100
4	Huarney - Pativilca	Km. 292+137.73 - Km. 206+700

FUENTE: EDI Red Vial N° 4 – Diseño de Pavimentos



FIGURA 1: Mapa de Ubicación Red Vial N°4

FUENTE: EDI Red Vial N° 4 – Diseño de Pavimentos

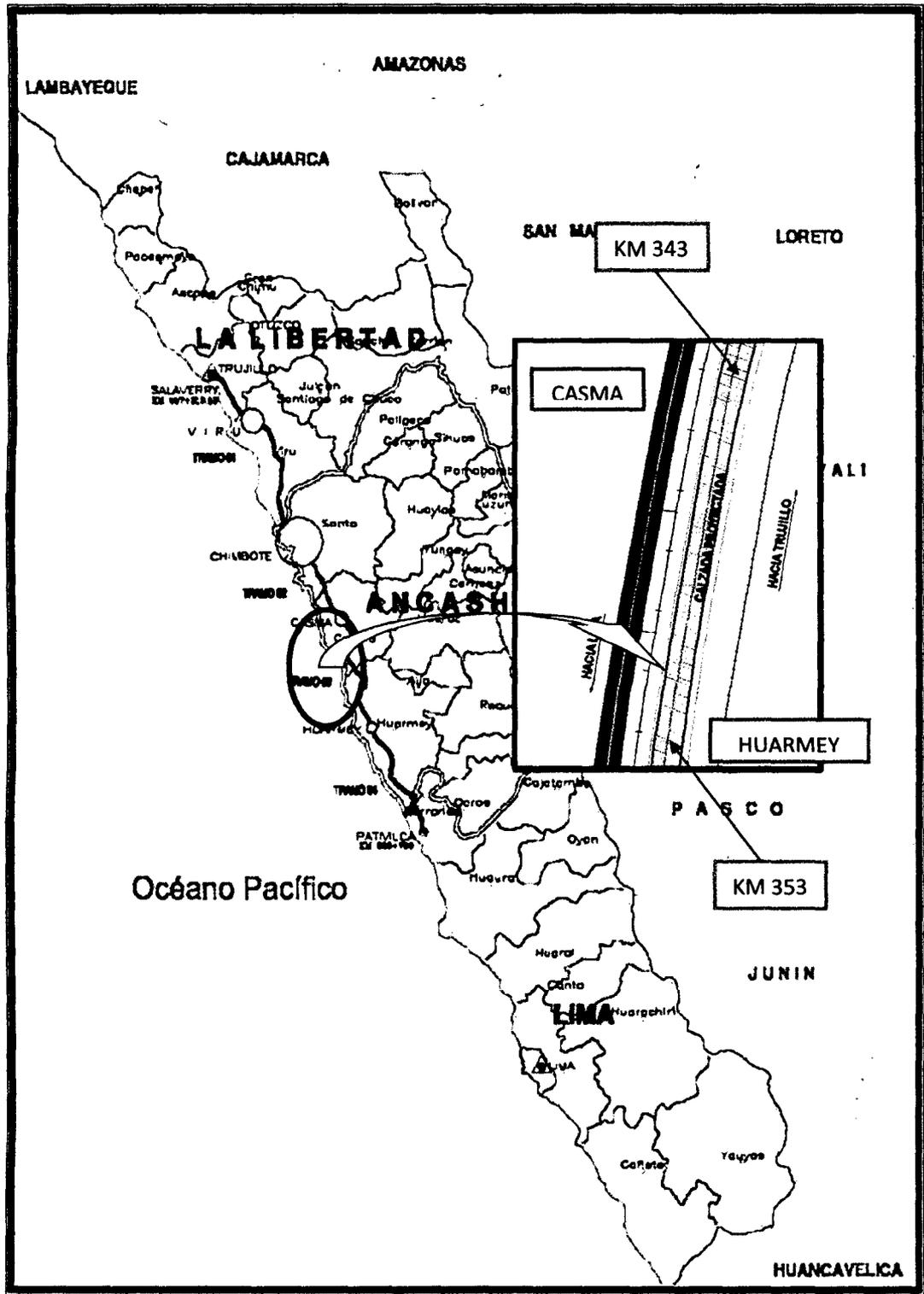


FIGURA 2: Localización del Proyecto Red Vial N°4

FUENTE: EDI Red Vial N° 4 – Diseño de Pavimentos

3.1.3. EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO

Se consideran a los equipos que se utilizaron en el proyecto: “Construcción de la segunda calzada de la red vial N°4”, cuyos se observan en las figuras 17, 18, 19, 20, 21,22,23 y 24 que son:

- 1 Extendedora de agregados.
- 3 Motoniveladoras.
- 5 Rodillos lisos.
- 5 Camiones cisterna.
- 1 Extendedora de asfalto.
- 2 Rodillos Neumáticos (Para asfalto).
- 1 Camión imprimador.
- 2 Barredoras automáticas.
- 2 Tractores (Un D6 y un D8).
- 3 Excavadoras.
- 6 Retroexcavadoras.

3.1.4. VARIABLES UTILIZADAS

3.1.4.1 Unidad de análisis. Equipos mecánicos que se utilizaron en el proyecto:

“Construcción de la segunda calzada de la red vial N°4”.

3.1.4.2 Variables.

- Rendimiento de los equipos mecánicos usadas en el proyecto para analizar el costo.
- Horas máquina de cada uno de los equipos usados registrados en los partes diarios para analizar el costo diario de cada equipo empleado.
- Avances que se obtuvo en el día en obra mediante los partes diarios de los equipos empleados y datos de campo observados, lo cual nos servirá para analizar los costos y la producción.

3.1.5 PROCEDIMIENTO

La toma de datos que se realizó para la investigación es **observación directa** en campo y los instrumentos que tenemos para la toma de datos son partes de avances diarios los cuales nos permiten analizar los rendimientos y costos respectivos.

De la información recolectada se comenzó a comparar los rendimientos de la maquinaria como también mano de obra que fue procesada mediante técnicas estadísticas en oficina o teóricamente como se puede decir a la par se va viendo los costos unitarios y para tal efecto se usó programas computarizados como Microsoft Excel.

3.1.6. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1.6.1. TRATAMIENTO DE DATOS

Esta tesis es de **tipo descriptiva**; ya que permitirá registrar datos obtenidos en campo y en partes diarios que nos servirán de referencia para próximos proyectos.

Los datos que vamos obteniendo diariamente para la investigación se van procesando de acuerdo al avance que vamos obteniendo para así poder hallar el costo unitario por cada partida y de acuerdo al uso de maquinaria empleada. Se utilizara la siguiente tabla:

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO					
EXTENDEDORA					
RODILLO					
CISTERNA					
MANO DE OBRA					
Capataz					
Topografo					
Ayudante Topogra.					
Oficial					
Peon					
				COSTO UNITARIO TOTAL	

Y para analizar los rendimientos de la maquinaria empleada se utilizara la siguiente tabla:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO (m3)	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			
MOTONIVELADORA			
RODILLO			
CISTERNA			

3.1.6.2. ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis se usaron los métodos cuantitativo y cualitativo. El método **cuantitativo** se usó para evaluar las características de los equipos a utilizar, la mano de obra a emplear en la construcción de subbase y base granular en el proyecto “Construcción de la segunda calzada de la red vial N° 4 – Región Ancash”; y el método **cualitativo** se usó para obtener información de la ejecución del tramo terminado observado directa en campo.

La tesis “Análisis comparativo de la construcción de subbase y base granular usando una extendidora de aglomerados y maquinaria convencional en el proyecto: Construcción de la segunda calzada de la red vial N° 4 – Región Ancash” se **realizó** desde el mes de marzo hasta el mes de junio del 2013.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

4.1.1. TABLAS GENERALES:

En este cuadro se muestra de forma detallada en resumen las diferentes alternativas de espesor de la calzada en estudio.

TABLA 4: Cuadro General de Dimensiones AASHTO 1993 Tramo 3 PSI= 2.5

Sectorizacion	Periodo Diseño	CAPAS DEL PAVIMENTO PSI=2.5					REFUERZO ASFALTICO AÑO 10 MAC Convencional
		MAC con Polimeros	MAC Convencional	Base Est. Emulsion	Base G.	Sub-Base G	
TRAMO 3 Km 299+100 - Km 369+790 3C TIF E2 V03 Km. 299+100 - Km. 315+000	1ra Alternativa		10.00		20.00	27.50	4.00
	2da Alternativa		10.00	15.00		27.50	
	3ra Alternativa	10 años	9.00			15.00	30.00
	1ra Alternativa	20 años		10.00		22.50	30.00
	2da Alternativa			10.00	15.00		35.00
	3ra Alternativa		8.00			15.00	40.00
3B TIF E2 V03 Km. 315+000 - Km. 336+750	1ra Alternativa		10.00		15.00	20.00	4.00
	2da Alternativa	10 años		10.00	15.00		15.00
	3ra Alternativa		9.00			15.00	15.00
	1ra Alternativa	20 años		10.00		15.00	25.00
	2da Alternativa			10.00	15.00		20.00
	3ra Alternativa		9.00			15.00	20.00
3A TIF E2 V03 Km. 336+750 - Km. 369+790	1ra Alternativa		10.00		20.00	27.50	4.00
	2da Alternativa	10 años		10.00	15.00		27.50
	3ra Alternativa		9.00			15.00	30.00
	1ra Alternativa	20 años		10.00		22.50	30.00
	2da Alternativa			10.00	15.00		35.00
	3ra Alternativa		8.00			15.00	40.00

FUENTE: EDI Red Vial N° 4 – Diseño de Pavimentos

TABLA 5: Rendimiento de Maquinaria Pesada

EQUIPO	ACTIVIDAD	UND	RENDIMIENTO
Excavadora 330BL CAT	Carguio material común	m3/h	237.10
Cargador Frontal 966F CAT	Carguio material común	m3/h	201.94
Tractor D6G CAT	Empuje de material común	m3/h	86.62
Tractor D8R CAT	Empuje de material común	m3/h	104.16
Motoniveladora 120G CAT	Perfilado de subrasante	m3/h	364.14
Rodillo CS-533 CAT	Compactación de relleno	m3/h	142.69
Retroexcavadora 416D CAT	Carguio material común	m3/h	32.18

FUENTE: Análisis de la Productividad de Equipos usados en el "Movimiento de Tierras en Campamento y accesos Principales a Conga 1702 – K.82" Mediante la Herramienta de I.P"

NOTA: Esta tabla se tuvo como referencia para tener en cuenta la diferencia entre el rendimiento y la eficiencia que puede tener una maquina en una determinada partida, ya que el rendimiento es el trabajo en conjunto para desarrollar una actividad.

Veremos los cálculos hechos por el centro de costos y planeación en las siguientes tablas:

TABLA 6: Costos unitarios y Rendimientos de extendido de subbase granular

Centro de costo:		3A3 Extendido de Subbase				
Rendimiento: m3/día		MO. 1,600.00	EQ. 1,600.00	Costo unitario directo por: m3		7.97
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
Capataz	hh	1.0000	0.0063	33.17	0.21	
Oficial	hh	2.0000	0.0125	16.22	0.20	
Operador	hh	5.0000	0.0313	21.70	0.68	
Peón	hh	4.0000	0.0250	14.53	1.00	
Materiales						
Petroleo D-2	gal		0.1270	10.70	1.36	
Repuesto para maquinaria	%	2%	0.0886	1.00	0.09	
Equipos						
Herramientas Manuales	%		2.00%	2.09	0.04	
Tractor CAT D6-T	hm	1.0000	0.0063	157.00	0.98	
Rodillo Liso Vibratorio 10-12 tn	hm	2.0000	0.0125	100.00	1.25	
Motoniveladora	hm	2.0000	0.0125	160.00	2.00	
Cistema de Agua 5000 gins	hm	0.5000	0.0031	49.75	0.16	
						4.43

FUENTE: OHL CENTRO DE COSTOS Y PLANEACION

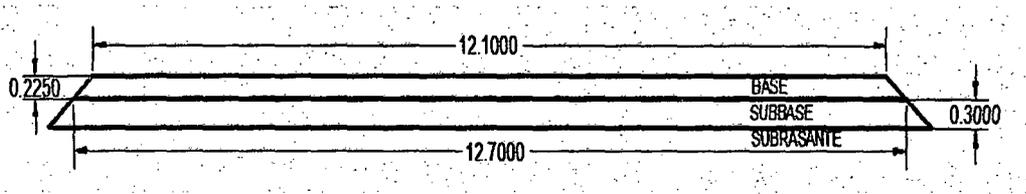
TABLA 7: Costos unitarios y Rendimientos de extendido de base granular

Centro de costo:		3B3 Extendido de Base				
Rendimiento: m3/día		MO. 1,400.00	EQ. 1,400.00	Costo unitario directo por: m3		6.57
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
Capataz	hh	1.0000	0.0057	33.17	0.19	
Peón	hh	5.0000	0.0286	14.53	0.42	
						0.61
Materiales						
Petroleo D-2	gal		0.1229	10.70	1.31	
						1.31
Equipos						
Herramientas Manuales	%		3.00%	0.61	0.02	
Rodillo Liso Vibratorio 10-12 tn	hm	2.0000	0.0114	98.94	1.13	
Motoniveladora	hm	1.0000	0.0057	168.20	0.96	
Cistema de Agua 5000 gins	hm	0.5000	0.0029	49.75	0.14	
Extendidora de aglomerado +3tolvas	m3		1.0000	2.40	2.40	
						4.65

FUENTE: OHL CENTRO DE COSTOS Y PLANEACION

4.1.2. ANÁLISIS COMPARATIVO

FIGURA 3: La sección típica del tramo.



FUENTE: EDI Red Vial N° 4 – Diseño de Pavimentos

$$AREA_{BASE} = (12.1 * 0.225) = 2.723 \text{ m}^2$$

$$AREA_{SUBBASE} = (12.7 * 0.30) = 3.810 \text{ m}^2$$

Y así se calculó los costos unitarios y los rendimientos de cada máquina.

4.1.2.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO

Los tramos en estudio serán clasificados de la siguiente manera:

TRAMO 1: Se utilizó la extendidora de agregados:

- Conformando base granular: Km 352+500 - Km 352+000

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				7442.40	5.47
EXTENDEDORA	740.3	1	6	4441.80	3.26
RODILLO	140.1	2	9	2521.80	1.85
CISTERNA	684	1	0.7	478.80	0.35
MANO DE OBRA				1009.40	0.74
Capataz	18	1	6	108.00	0.08
Topografo	15.1	2	5	151.00	0.11
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.25
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.16
Peon	11.7	2	8	187.20	0.14
				COSTO UNITARIO TOTAL	6.21

TRAMO 2: Se utilizó maquinaria convencional:

- Conformando base granular: Km 351+500 - Km 351+000

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				5583.00	4.10
MOTONIVELADORA	183.6	2	8	2937.60	2.16
RODILLO	140.1	2	7	1961.40	1.44
CISTERNA	684	2	0.5	684.00	0.50
MANO DE OBRA				1166.40	0.86
Capataz	18	1	6	108.00	0.08
Topografo	15.1	2	4	120.80	0.09
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.25
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.16
Peon	11.7	4	8	374.40	0.28

COSTO UNITARIO TOTAL 4.96

TRAMO 3: Se utilizó la extendidora de agregados:

- Conformando base granular: Km 351+000 - Km 350+500

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				7768.87	5.71
EXTENDEDORA	740.3	1	6.5	4811.95	3.53
RODILLO	140.1	2	8.6	2409.72	1.77
CISTERNA	684	1	0.8	547.20	0.40
MANO DE OBRA				1009.40	0.74
Capataz	18	1	6	108.00	0.08
Topografo	15.1	2	5	151.00	0.11
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.25
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.16
Peon	11.7	2	8	187.20	0.14

COSTO UNITARIO TOTAL 6.45

TRAMO 4: Se utilizó maquinaria convencional:

- Conformando base granular: Km 350+500 - Km 350+000

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				5685.00	4.18
MOTONIVELADORA	183.6	2	7.6	2790.72	2.05
RODILLO	140.1	2	7.4	2073.48	1.52
CISTERNA	684	2	0.6	820.80	0.60
MANO DE OBRA				1166.40	0.86
Capataz	18	1	6	108.00	0.08
Topografo	15.1	2	4	120.80	0.09
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.25
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.16
Peon	11.7	4	8	374.40	0.28
COSTO UNITARIO TOTAL					5.03

TRAMO 5: Se utilizó la extendidora de agregados:

- Conformando base granular: Km 352+000 - Km 351+500

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				7033.10	5.17
EXTENDEDORA	740.3	1	5.8	4293.74	3.15
RODILLO	140.1	2	8.8	2465.76	1.81
CISTERNA	684	1	0.4	273.60	0.20
MANO DE OBRA				1009.40	0.74
Capataz	18	1	6	108.00	0.08
Topografo	15.1	2	5	151.00	0.11
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.25
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.16
Peon	11.7	2	8	187.20	0.14
COSTO UNITARIO TOTAL					5.91

Las unidades de los tramos en investigación son: soles /m³.

Se puede observar que en el análisis de costo unitario que se hace a la utilización de extendedora en las horas máquina que tenemos es mínima de 6 horas en comparación a las horas máquina que se utiliza de motoniveladora 15.2 horas es decir que la conformación es más rápido e eficientemente de base granular con el uso de extendedora ya que si utilizamos está a su máximo rendimiento el costo de ejecución bajaría en comparación al uso de una motoniveladora.

Se verá a continuación una tabla comparativa de los costos unitarios:

PRECIO UNITARIO DE EXTENDIDO Y COMPACTACION DE BASE GRANULAR				
CON EXTENDEDORA				
PROYECTO	CENTRO DE COSTOS	CAMPO		
9.38	6.57	TRAMO 1	6.21	
		TRAMO 3	6.45	
		TRAMO 5	5.91	

PRECIO UNITARIO DE EXTENDIDO Y COMPACTACION DE BASE GRANULAR				
CON MOTONIVELADORA				
PROYECTO	CENTRO DE COSTOS	CAMPO		
9.38	6.57	TRAMO 2	4.96	
		TRAMO 4	5.03	

Se tomó 500 metros longitudinales como tramo de prueba debido al avance que se tenía en la subrasante y a que en algunos tramos había interferencia como líneas de teléfono, la línea de antamina, postes, casas para reubicarlas, alcantarillas por hacer y voladuras pendientes ya que existe rocas volcánicas duras; por eso se hizo la longitud mencionada.

De las tablas vistas vemos que los costos obtenidos en campo son muy económicas a los planteados en el proyecto y a los planteados en el centro de costos y planeación para la base granular.

TRAMO 6: Se utilizó la extendidora de agregados:

- Conformando subbase granular: Km 346+000 - Km 345+500

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				7442.40	3.91
EXTENDEDORA	740.3	1	6	4441.80	2.33
RODILLO	140.1	2	9	2521.80	1.32
CISTERNA	684	1	0.7	478.80	0.25
MANO DE OBRA				1009.40	0.53
Capataz	18	1	6	108.00	0.06
Topografo	15.1	2	5	151.00	0.08
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.18
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.12
Peon	11.7	2	8	187.20	0.10

COSTO UNITARIO TOTAL 4.44

TRAMO 7: Se utilizó maquinaria convencional:

- Conformando subbase granular: Km 344+000 - Km 343+500

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				5583.00	2.93
MOTONIVELADORA	183.6	2	8	2937.60	1.54
RODILLO	140.1	2	7	1961.40	1.03
CISTERNA	684	2	0.5	684.00	0.36
MANO DE OBRA				1166.40	0.61
Capataz	18	1	6	108.00	0.06
Topografo	15.1	2	4	120.80	0.06
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.18
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.12
Peon	11.7	4	8	374.40	0.20

COSTO UNITARIO TOTAL 3.54

TRAMO 8: Se utilizó la extendidora de agregados:

- Conformando subbase granular: Km 345+500 - Km 345+000

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				7768.87	4.08
EXTENDEDORA	740.3	1	6.5	4811.95	2.53
RODILLO	140.1	2	8.6	2409.72	1.26
CISTERNA	684	1	0.8	547.20	0.29
MANO DE OBRA				1009.40	0.53
Capataz	18	1	6	108.00	0.06
Topografo	15.1	2	5	151.00	0.08
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.18
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.12
Peon	11.7	2	8	187.20	0.10
COSTO UNITARIO TOTAL					4.61

TRAMO 9: Se utilizó maquinaria convencional:

- Conformando subbase granular: Km 344+500 - Km 344+000

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				5685.00	2.98
MOTONIVELADORA	183.6	2	7.6	2790.72	1.46
RODILLO	140.1	2	7.4	2073.48	1.09
CISTERNA	684	2	0.6	820.80	0.43
MANO DE OBRA				1166.40	0.61
Capataz	18	1	6	108.00	0.06
Topografo	15.1	2	4	120.80	0.06
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.18
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.12
Peon	11.7	4	8	374.40	0.20
COSTO UNITARIO TOTAL					3.60

TRAMO 10: Se utilizó la extendedora de agregados:

- Conformando subbase granular: Km 345+000 - Km 344+500

Se tomó:

L = 500 metros.

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				7141.88	3.75
EXTENDEDORA	740.3	1	5.8	4293.74	2.25
RODILLO	140.1	2	8.7	2437.74	1.28
CISTERNA	684	1	0.6	410.40	0.22
MANO DE OBRA				1009.40	0.53
Capataz	18	1	6	108.00	0.06
Topografo	15.1	2	5	151.00	0.08
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.18
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.12
Peon	11.7	2	8	187.20	0.10
				COSTO UNITARIO TOTAL	4.28

Y se vio una tabla comparativa vista a continuación:

PRECIO UNITARIO DE EXTENDIDO Y COMPACTACION DE SUBBASE GRANULAR				
CON EXTENDEDORA				
PROYECTO	CENTRO DE COSTOS	CAMPO		
8.99	7.97	TRAMO 6	4.44	
		TRAMO 8	4.61	
		TRAMO 10	4.28	

PRECIO UNITARIO DE EXTENDIDO Y COMPACTACION DE SUBBASE GRANULAR				
CON MOTONIVELADORA				
PROYECTO	CENTRO DE COSTOS	CAMPO		
8.99	7.97	TRAMO 7	3.54	
		TRAMO 9	3.60	

De las tablas vistas vemos que los costos unitarios (soles /m³) obtenidos en campo son muy económicas a los planteados en el proyecto y a los planteados en el centro de costos y planeación para la subbase granular.

- Aquí se vio el costo unitario con una longitud igual a 800 metros y 8 horas máquina , para BASE GRANULAR

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				8923.00	4.10
EXTENDEDORA	740.3	1	8	5922.40	2.72
RODILLO	140.1	2	9	2521.80	1.16
CISTERNA	684	1	0.7	478.80	0.22
MANO DE OBRA				1009.40	0.46
Capataz	18	1	6	108.00	0.05
Topografo	15.1	2	5	151.00	0.07
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.16
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.10
Peon	11.7	2	8	187.20	0.09
				COSTO UNITARIO TOTAL	4.56

- También se vio el costo unitario con una L = 800 metros y 8 horas máquina , para SUBBASE GRANULAR

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	HORAS	COSTO RECURSO	COSTO UNITARIO
EQUIPO/RECURSO				8923.00	2.93
EXTENDEDORA	740.3	1	8	5922.40	1.94
RODILLO	140.1	2	9	2521.80	0.83
CISTERNA	684	1	0.7	478.80	0.16
MANO DE OBRA				1009.40	0.33
Capataz	18	1	6	108.00	0.04
Topografo	15.1	2	5	151.00	0.05
Ayudante Topogra.	14.2	3	8	340.80	0.11
Oficial	13.9	2	8	222.40	0.07
Peon	11.7	2	8	187.20	0.06
				COSTO UNITARIO TOTAL	3.26

Se va a ser una tabla comparativa a continuación:

PRECIO UNITARIO DE EXTENDIDO Y COMPACTACION DE SUBBASE Y BASE GRANULAR			
CON EXTENDEDORA			
PROYECTO		CENTRO DE COSTOS	CAMPO
BASE	9.38	6.57	4.56
SUBBASE	8.99	7.97	3.26

4.1.2.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RENDIMIENTOS

Se analizó los rendimientos en el proceso constructivo para la conformación de subbase y base granular utilizando maquinaria convencional y extendedora.

- En la BASE GRANULAR:

TRAMO 1:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO (m3)	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.02174
EXTENDEDORA	6	1361.25	0.00441
RODILLO	18	1361.25	0.01322
CISTERNA	5.6	1361.25	0.00411

TRAMO 2:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO (m3)	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.02792
MOTONIVELADORA	16	1361.25	0.01175
RODILLO	14	1361.25	0.01028
CISTERNA	8	1361.25	0.00588

TRAMO 3:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.02174
EXTENDEDORA	6	1361.25	0.00441
RODILLO	17.2	1361.25	0.01264
CISTERNA	6.4	1361.25	0.00470

TRAMO 4:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.02909
MOTONIVELADORA	15.2	1361.25	0.01117
RODILLO	14.8	1361.25	0.01087
CISTERNA	9.6	1361.25	0.00705

TRAMO 5:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.01954
EXTENDEDORA	5.8	1361.25	0.00426
RODILLO	17.6	1361.25	0.01293
CISTERNA	3.2	1361.25	0.00235

Se observan unas tablas comparativas resumen en donde las unidades de los rendimientos es: hm/m^3 :

RENDIMIENTO DE EXTENDIDO Y COMPACTACION DE BASE GRANULAR					
CON EXTENDEDORA					
	PROYECTO	CENTRO DE COSTOS	CAMPO		
			TRAMO 1	TRAMO 3	TRAMO 5
Extendedora			0.00441	0.00441	0.00426
Rodillo	0.016	0.0114	0.01322	0.01264	0.01293
Cistema	0.002	0.0029	0.00411	0.00470	0.00235

RENDIMIENTO DE EXTENDIDO Y COMPACTACION DE BASE GRANULAR				
CON MOTONIVELADORA				
	PROYECTO	CENTRO DE COSTOS	CAMPO	
			TRAMO 2	TRAMO 4
Motoniveladora	0.016	0.0125	0.01175	0.01117
Rodillo	0.016	0.0114	0.01028	0.01087
Cistema	0.002	0.0029	0.00588	0.00705

Se observa que los rendimientos de la extendedora son superiores a los de la motoniveladora por lo cual el trabajo se hace más rápido y eficiente.

- En la SUBBASE GRANULAR:

TRAMO 6:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO (m3)	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.01554
EXTENDEDORA	6	1905	0.00315
RODILLO	18	1905	0.00945
CISTERNA	5.6	1905	0.00294

TRAMO 7:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO (m3)	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.01995
MOTONIVELADORA	16	1905	0.00840
RODILLO	14	1905	0.00735
CISTERNA	8	1905	0.00420

TRAMO 8:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.01580
EXTENDEDORA	6.5	1905	0.00341
RODILLO	17.2	1905	0.00903
CISTERNA	6.4	1905	0.00336

TRAMO 9:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.02079
MOTONIVELADORA	15.2	1905	0.00798
RODILLO	14.8	1905	0.00777
CISTERNA	9.6	1905	0.00504

TRAMO 10:

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.01470
EXTENDEDORA	5.8	1905	0.00304
RODILLO	17.4	1905	0.00913
CISTERNA	4.8	1905	0.00252

Se observan unas tablas comparativas resumen en donde:

RENDIMIENTO DE EXTENDIDO Y COMPACTACION DE SUBBASE GRANULAR					
CON EXTENDEDORA					
	PROYECTO	CENTRO DE COSTOS	CAMPO		
			TRAMO 6	TRAMO 8	TRAMO 10
Extendedora			0.00315	0.00341	0.00304
Rodillo	0.0154	0.0114	0.00945	0.00903	0.00913
Cistema	0.002	0.0031	0.00294	0.00336	0.00252

RENDIMIENTO DE EXTENDIDO Y COMPACTACION DE SUBBASE GRANULAR				
CON MOTONIVELADORA				
	PROYECTO	CENTRO DE COSTOS	CAMPO	
			TRAMO 7	TRAMO 9
Motoniveladora	0.0154	0.0125	0.0084	0.00798
Rodillo	0.0154	0.0114	0.00735	0.00777
Cistema	0.002	0.0031	0.0042	0.00504

Se observa que los rendimientos (hm/m^3) de la extendedora son superiores a los de la motoniveladora por lo cual el trabajo se hace más rápido y eficiente.

Y también se analizó los rendimientos óptimos para una longitud de 800 metros y 8 horas máquina lo cual sería lo máximo que podría producir la extendedora de agregados, los cuales serán vistos a continuación.

- Para la BASE GRANULAR

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO (m3)	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.01451
EXTENDEDORA	8	2178	0.00367
RODILLO	18	2178	0.00826
CISTERNA	5.6	2178	0.00257

- Para la SUBBASE GRANULAR

CONCEPTO	TIEMPO (Horas)	METRADO (m3)	RENDIMIENTO
EQUIPO/RECURSO			0.01037
EXTENDEDORA	8	3048	0.00262
RODILLO	18	3048	0.00591
CISTERNA	5.6	3048	0.00184

En comparación a los rendimientos obtenidos anteriormente, estos son muchos más altos, debido que estamos alcanzando el máximo rendimiento de la extendedora de agregados. En el anexo N° 02 (ANEXO DE TABLAS) damos algunos alcances de costos unitarios y rendimientos en diferentes subpartidas analizadas en el proyecto “Construcción de la Segunda Calzada de la Red vial N° 4”.

Mencionar que la utilización de la extendedora de agregados fue por el atraso en la programación de obra y por no tener donde asfaltar e imprimir como se va observar en la figura 25 (ANEXO DE FIGURAS).

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se analizó que es más rentable la construcción de base y subbase granular con extendedora de agregados debido al rendimiento; y que esto nos ayuda a disminuir el costo general del proyecto.

Se analizó que la utilización de extendedora de agregados para la construcción de base y subbase granular nos ayuda a disminuir el costo de ejecución de carreteras.

Se determinó el costo unitario promedio en base granular igual a 6.21 soles/m³ y subbase granular igual a 4.98 soles/m³ utilizando extendedora de agregados en 500 metros longitudinales.

Se determinó el costo unitario promedio en base granular igual a 4.44 soles/m³ y subbase granular el costo unitario igual a 3.57 soles/m³ utilizando maquinaria convencional en 500 metros longitudinales.

Se determinó el rendimiento promedio con maquinaria convencional igual a 0.02792 hm/m³.

Se determinó el rendimiento promedio de extendedora de agregados igual a 0.01954 hm/m³.

Se verificó que los rendimientos y costos que se obtuvieron en la construcción de subbases y bases granulares usando motoniveladora son menores en un 25% al usando una extendedora de agregados.

5.2. RECOMENDACIONES

Verificar si es económico la movilización de una extendedora de agregados para la conformación de base y subbase granular, teniendo en consideración el costo de ejecución de las partidas y la envergadura de la obra.

Verificar los rendimientos de la maquinaria para determinar el uso adecuado de las maquinas a utilizar.

Verificar las secciones típicas de la calzada ya que estas nos ayudarían a la utilización adecuada de la maquinaria.

Verificar los rendimientos de la extendedora de agregados a diferentes factores climáticos en otra zona del Perú (Ejemplo: En la selva, sierra).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EDI, 2011, Estudio de Ingeniería Red Vial N° 4 – Diseño de Pavimentos.
- Ibáñez Walter – Julio 2010. Costos y Tiempos en Carreteras – Primera Edición. 145-148 PP.
- Manual de ensayos MTC-2000.2-8 PP.
- Ordoñez Bringas David – Análisis de la Productividad de Equipos usados en el “Movimiento de Tierras en Campamento y accesos Principales a Conga 1702-K82” mediante la Herramienta de I.P”. Tesis para optar el Título Profesional. Universidad Nacional de Cajamarca. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. Cajamarca. 2013. 3 P.
- Zerpa Solano Rolando y Milla Romero Davis - 2013 – Sistema de Gestión Integrada OHL (SGI). 2-3 PP.

ANEXOS

ANEXOS (A)

TABLAS

ANEXO N°01:

Los requerimientos granulométricos para la base y subbase granular:

MATERIAL O PRODUCTO	PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS	METODO DE ENSAYO	NORMA		FRECUENCIA (1)	LUGAR DE MUESTREO
			ASTM	AASHTO		
BASE Y SUBBASE GRANULAR	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 88	750 m3	Cantera
	Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m3	Cantera
	Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	750 m3	Cantera
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	2000 m3	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2000 m3	Cantera
	Sales Solubles	MTC E 219	-	-	2000 m3	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2000 m3	Cantera
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	D 5821	-	2000 m3	Cantera
	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	D 4791	-	2000 m3	Cantera
	Pérdida en Sulfato de Sodio /Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2000 m3	Cantera
	Densidad – Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	750 m3	Pista
	Compactación	MTC E 117	D 1556	T 191	250 m2	Pista
MTC E 124		D 2922	T 238			

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico mecánicas de los agregados

Para el caso de la subbase granular, se considera también:

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso	
	Gradación A	Gradación B
50 mm (2")	100	100
25 mm (1")	---	75 - 95
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75
4.75 mm (N° 4)	25 - 55	30 - 60
2.0 mm (N° 10)	15 - 40	20 - 45
4.25 um (N° 40)	8 - 20	15 - 30
75 um (N° 200)	2 - 8	5 - 15

Fuente: ASTM D 1241

Como algunos otros ensayos especiales:

ENSAYO	NORMA			REQUERIMIENTO
	MTC	ASTM	AASHTO	
ABRASION	MTCE 207	C 131	T 96	50 % máx
CBR (1)	MTCE 132	D 1883	T 193	60 % mín
LIMITE LIQUIDO	MTCE 110	D 4318	T 89	25% máx
INDICE DE PLASTICIDAD	MTCE 111	D 4318	T 89	4% máx
EQUIVALENTE DE ARENA	MTCE 114	D 2419	T 176	35% mín
SALES SOLUBLES	MTCE 219	D 1888	-	1% máx.
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (2)	MTCE 211	D 4791	-	20% máx

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5mm)

(2) La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Para el caso de la base granular, se considera también

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (Nº 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (Nº 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 um (Nº 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (Nº 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

NOTA: La columna A sólo aplica para obras que se encuentren a más de 3000 metros de altura sobre el nivel del mar: no aplica a nuestro proyecto.

Fuente: ASTM D 1241

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que a continuación se indican:

Valor Relativo de Soporte,

CBR (1)	Min 80%
---------	---------

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5mm).

La franja por utilizar será la establecida en los documentos del proyecto o la determinada por el Supervisor.

ANEXO N°02:

Análisis de precios unitarios de subpartidas								
Presupuesto	1101001	RED VIAL 4 - CARRETERA Dv PUERTO SALAVERRY PATIVILCA, km 557+200 AL 206+700						
					Fecha presupuesto	31/12/2009		
Partida	(020101010501-1101001-01) DERECHO DE CANTERAS							
Rendimiento	m3/DIA		MO.0.00	EQ.0.00	Costo unitario directo por : m3		1.10	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
			Materiales					
020700001	CANON POR USO DE CANTERAS		m3			10000	10	10
								1.10

Partida	(020101020105-1101001-01) EXCAVACIÓN Y DESQUINCHE EN ROCA FIJA							
Rendimiento	m3/DIA		MO.400.00	EQ.400.00	Costo unitario directo por : m3		1.97	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
			Mano de Obra					
01010002	CAPATAZ		hh		0.000	0.0020	6.27	0.01
01010005	PEON		hh		2.000	0.0400	3.86	0.6
								0.17
			Equipos					
03010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			5.0000	0.6	0.01
0301800020004	TRACTOR DE ORUGAS CAT D8R-305HP		hm		0.000	0.0020	130.6	0.26
0301700000006	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS CAT 330-222HP		hm		0.9000	0.0160	85.63	154
								1.81

Partida	(020101020404-1101001-01) CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES							
Rendimiento	m3/DIA		MO.1,000.00	EQ.1,000.00		Costo unitario directo por : m3	2.40	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
			Mano de Obra					
01010002	CAPATAZ		hh		10000	0.0080	6.27	0.05
01010005	PEON		hh		30000	0.0240	3.86	0.09
								0.14
			Equipos					
03010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			5.0000	0.14	0.01
030100060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO D-2		hm		10000	0.0080	46.58	0.37
0301800020004	TRACTOR DE ORUGAS CAT D8R-305HP		hm		0.5000	0.0040	130.16	0.52
030120002	MOTONIVELADORA CAT 40H		hm		10000	0.0080	70.59	0.56
								1.47
			Subpartidas					
0201060501	TRANSPORTE DE AGUA PARA LA OBRA		m3			0.500	5.31	0.80
								0.80

Partida	(020101021102-1101001-01) PERFORACIÓN Y DISPARO EN ROCA FLJA							
Rendimiento	m3/DIA		MO.300.00	EQ.300.00		Costo unitario directo por : m3	9.40	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
			Mano de Obra					
01010002	CAPATAZ		hh		0.5000	0.0133	6.27	0.08
01010003	OPERARIO		hh		10000	0.0267	4.83	0.3
01010004	OFICIAL		hh		20000	0.0533	4.28	0.23
01010005	PEON		hh		50000	0.0333	3.86	0.51
								0.96
			Materiales					
025500008	MECHA O GUÍA BLANCA		m			10000	0.32	0.32
025500002	FULMINANTE N°3		pa			10000	0.54	0.54
025500001	DINAMITA AL 65%		kg			0.2500	7.38	1.85
0245020001007	BARRENO DE PERFORACION 1/8" X 5'		und			0.0170	247.30	4.20
								6.91
			Equipos					
0301400020005	MARTILLO NEUMATICO DE 25-28 kg		hm		40000	0.0067	172	0.8
0301400060001	COMPRESORA NEUMATICA 700-800PCM, 240 HP		hm		10000	0.0267	50.78	1.39
								1.54

ANEXOS (B)

FIGURAS

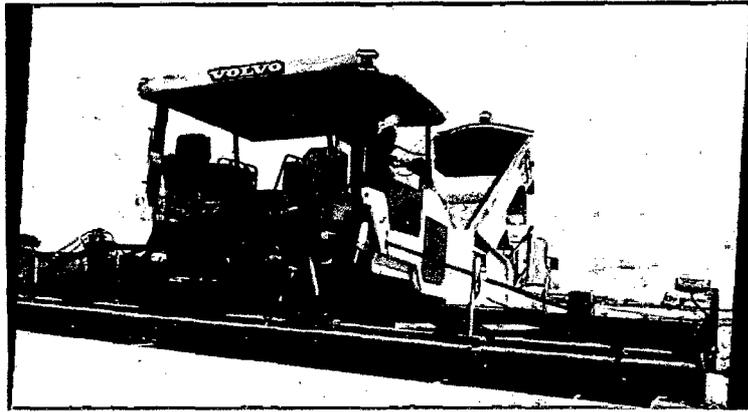


FIGURA 1: EXTENDEDORA VOLVO ABG 9820



FIGURA 2: MOTONIVELADORA CAT 135H



FIGURA 3: MOTONIVELADORA NEW HOLLAND RG 170B



FIGURA 4: RODILLO LISO CAT CS533D



FIGURA 5: RODILLO NEUMATICO CAT PS180

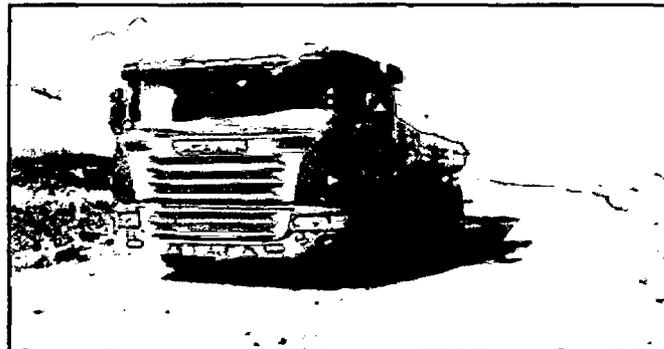


FIGURA 6: CISTERNA DE AGUA DE 5000 GALONES

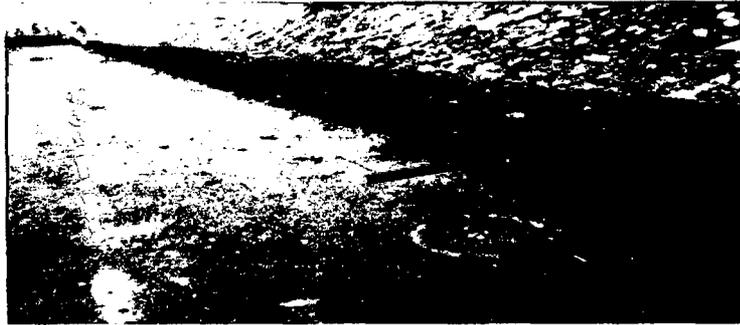


FIGURA 7: En esta vista se puede ver la nivelación puestos por el topógrafo encargado mediante piquetes puestos listo para ser utilizado por la extendedora de agregados de acorde con el espesor indicado en el proyecto



FIGURA 8: En esta vista se ve los niveles puestos en la superficie por el topógrafo pero en este caso la referencia son piedras y en otro caso estacas.



FIGURA 9, 10: En esta vista se ve la colocación del material granular con volquetes y extendido con motoniveladora, y su respectiva conformación de base o subbase granular.



FIGURA 11,12: Se ve el colocado del material granular de base o subbase granular



FIGURA 13,14: En esta vista se ve el control de campo en la base granular.



FIGURA 15,16: En esta vista se ve el control de campo sacando la prueba de la viga Beckelman tanto en la base o subbase granular.



FIGURA 17,18: En esta vista se ve el corte de material duro con tractor oruga (D6) y excavadora, respectivamente.

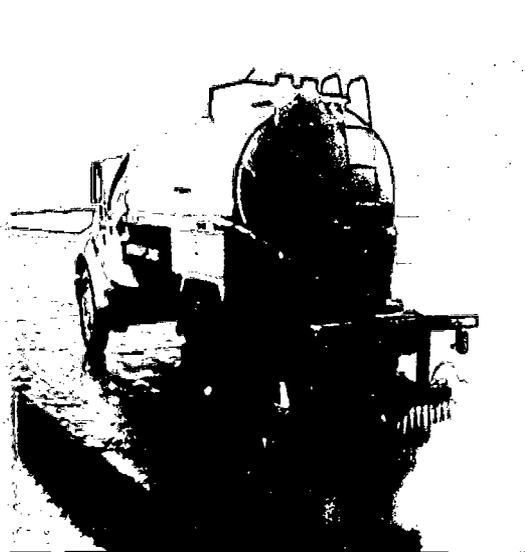


FIGURA 19,20: En esta vista se ve el camión imprimador y la extendedora de asfalto, respectivamente.

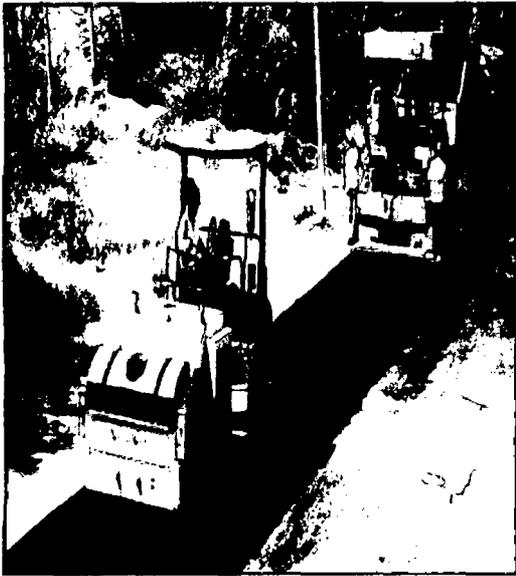


FIGURA 21,22: En esta vista se ve el rodillo bermero y rodillo tandem que se utiliza para asfalto, respectivamente.

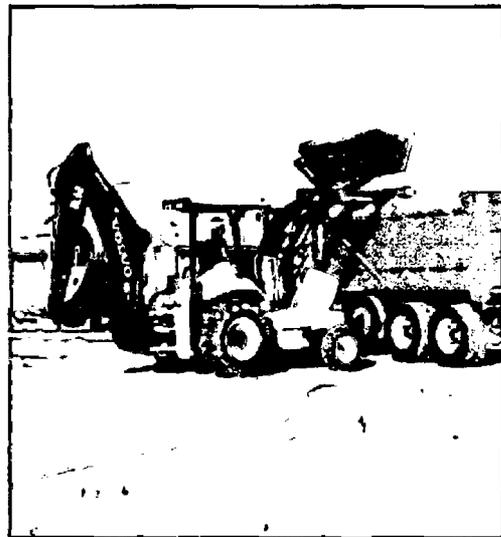


FIGURA 23,24: En esta vista se ve la utilización de la retroexcavadora como para hacer taludes y para cargar material a un volquete.

