



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE AFIRMADO
CANTERA TRES TOMAS CON: TÉCNICA DE ESTRATO HÚMEDO Y
SECO – FERREÑAFE, LAMBAYEQUE 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

FEDERICO ALBERTO LORREN PALOMINO

ASESOR:

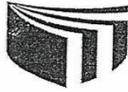
EFRAÍN ORDINOLA LUNA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CAMINOS

CHICLAYO – PERÚ

2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 16:00 horas del día 21 de diciembre del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 3243-2018-UCV-CH, de fecha 19 de diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis "ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS CON: TÉCNICA DE ESTRATO HUMEDO Y SECO – FERREÑAFE, LAMBAYEQUE 2018", presentada por el Bachiller LORREN PALOMINO FEDERICO ALBERTO con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Civil, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- Presidente: Mg. Carlos Javier Ramírez Muñoz
- Secretario: Mg. Miguel Berrú Camino
- Vocal: Mg. Efraín Ordinola Luna

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobado por Mayoría.

Siendo las 16:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 21 de diciembre del 2018

Mg. Carlos Javier Ramírez Muñoz

Presidente

Mg. Miguel Berrú Camino
Secretario

Mg. Efraín Ordinola Luna
Vocal

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Isabel.

Por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor infinito.

A mi padre Federico.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, su ímpetu inalcanzable y su apoyo incondicional.

A mis Hijos.

A mi hija Alicia por ser el ejemplo de una hermana mayor y de la cual me siento orgulloso; a mi hija Luciana por su constancia, su superación y su comprensión, a mi hijo Dante por todo el esfuerzo que ha hecho por sacar adelante las cosas y ser mi apoyo en las etapas difíciles que me ha tocado vivir. Me siento bendecido de tenerlos.

Federico Alberto Lorren Palomino

AGRADECIMIENTO

Empiezo agradeciendo a Dios nuestro creador, el escritor de nuestro destino de vida. Sus planes son perfectos, nos hace pasar por muchas pruebas y nos va poniendo en el camino a muchas personas, entre ellas las indicadas para el comienzo de grandes amistades.

A mi Padre motor indiscutible en mi vida, ejemplo de esfuerzo inagotable para salir adelante y conseguir lo que uno se propone en su vida.

A Cesar Acuña Nuñez, por su amistad, por darme la oportunidad para empezar este desafío que hoy llega a culminar. Gracias por todo.

A mis hijos por su comprensión en este trayecto y por darme ánimos en los momentos más difíciles, espero ser un ejemplo para Uds.

Y como no agradecer a esta casa de estudios que me acogió, que me dio los conocimientos necesarios para seguir adelante en mi proyecto de vida, a través de cada uno de sus docentes y hoy en día, buenos amigos. Gracias a cada uno de ellos, son muchos para mencionarlos pero todos tienen mi aprecio, Ing. Wesley Salazar Bravo, Ing. Miguel Berru Camino, Ing. Efrain Ordinola Luna. Gracias por su compañía y asesoramiento en esta etapa final.

El autor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Federico Alberto Lorren Palomino, identificado con N° de DNI 16796477, declaro en honor a la verdad que el trabajo de tesis aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad César Vallejo.



Bach. FEDERICO ALBERTO LORREN PALOMINO

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Presento ante ustedes la tesis titulada: “Análisis comparativo de producción de afirmado Cantera Tres Tomas con técnica de estrato húmedo y seco – Ferreñafe, Lambayeque 2018” basada en dos técnicas de explotación de canteras, teniendo la finalidad de comparar ambas técnicas y demostrar que una genera mayor productividad que otra, reduciendo la cantidad de maquinaria y optimizando el tiempo de carga y descarga del material extraído, en cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El autor

ÍNDICE

ACTA SUSTENTACIÓN	Error! Bookmark not defined.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	Error! Bookmark not defined.
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN	xxvii
ABSTRACT	xxviii
I INTRODUCCIÓN	29
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	29
1.2 TRABAJOS PREVIOS	32
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	37
1.3.1 BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS	37
1.3.1.1 EXPLOTACIÓN DE CANTERAS	37
1.3.1.1.1 EVALUACIÓN DE YACIMIENTOS Y RESERVAS 37	
1.3.1.1.2	UBICACIÓN
40	
1.3.1.2 POTENCIAL DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES EN EL PERÚ ...	40
1.3.1.3 CONCEPTO TRADICIONAL DE LA CANTERA	41
1.3.1.4 DEFINICIÓN ACTUAL DE LA CANTERA	42

1.3.1.5 TIPOS DE EXPLOTACIONES DE CANTERA	43
1.3.1.5.1 CANTERA COMO FUENTE DE APROVISIONAMIENTO 43	
1.3.1.5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CANTERAS SEGÚN EL TIPO DE EXPLOTACIÓN	43
1.3.1.5.3 CLASIFICACIÓN DE LAS CANTERAS SEGÚN EL MATERIAL A EXPLOTAR	44
1.3.1.5.4 CLASIFICACIÓN DE LAS CANTERAS SEGÚN SU ORIGEN 44	
1.3.1.5.5 INTRODUCCIÓN DEL TÉRMINO GRAVERA 44	
1.3.1.5.6 EXPLOTACIÓN DE CANTERAS 44	
1.3.1.5.7 FORMAS DE EXPLOTACIÓN DE GRAVERAS 45	
1.3.1.5.8 FASES DE LA EXPLOTACIÓN DE CANTERAS 48	
1.3.1.5.9 CANTERAS EN EL ENTORNO AMBIENTAL 49	
1.3.1.6 PLAN DE MINADO	50
1.3.1.6.1 ELEMENTOS DE PLANEAMIENTO 52	
1.3.1.7 CANTERA TRES TOMAS	52
1.3.1.7.1	UBICACIÓN
	53

1.3.1.7.2	CARACTERÍSTICAS	
55		
1.3.1.8 AFIRMADO PARA CARRETERAS		55
1.3.1.8.1DEFINICIÓN	Y	CARACTERÍSTICAS
55		
1.3.1.8.2ESTUDIO	GEOTÉCNICO	DE LA SUBRASANTE
56		
1.3.1.9 MAQUINARIA EMPLEADA Y PRODUCTIVIDAD		57
1.3.1.9.1COSTOS	DE	POSESIÓN Y OPERACIÓN
57		
1.3.1.9.1.1PRECIO	DE	ENTREGA AL CLIENTE
58		
1.3.1.9.1.2VALOR RESIDUAL AL REEMPLAZO Y VALOR A RECUPERAR MEDIANTE TRABAJO		58
1.3.1.9.1.3INTERÉS,	SEGURO	E IMPUESTOS
59		
1.3.1.9.1.4CONSUMO	DE	COMBUSTIBLE
59		
1.3.1.9.2MAQUINARIA		EMPLEADA
60		
1.3.2	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	62
1.4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	63
1.5	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	63
1.6	HIPÓTESIS	67
1.7	OBJETIVOS	67

1.7.1	OBJETIVO GENERAL	67
1.7.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	67
II	MÉTODO.....	68
2.1.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	68
2.2.	VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	69
2.2.1.	VARIABLES.....	69
2.2.2.	OPERACIONALIZACIÓN.....	70
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	71
2.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	72
2.4.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.....	72
2.4.2.	LÍMITES DE ATTEMBERG (LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO).....	74
2.4.3.	EQUIVALENTE DE ARENA	79
2.4.4.	RESISTENCIA DE ABRASIÓN (AASHTO-T-96).....	82
2.4.5.	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR).....	86
2.4.6.	PRÓCTOR MODIFICADO	90
2.5.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	94
2.6.	ASPÉCTOS ÉTICOS	95
III	RESULTADOS	96
3.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	96
3.2.	ESTUDIO DE SUELOS	97
3.2.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.....	97

3.2.2.	LÍMITES DE ATTEMBERG (LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO)	97
3.2.3.	EQUIVALENTE DE ARENA	98
3.2.4.	RESISTENCIA DE ABRASIÓN (AASHTO – T- 96)	98
3.2.5.	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	98
3.2.6.	PRÓCTOR MODIFICADO	99
3.3.	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL AFIRMADO	100
3.3.1.	DATOS GENERALES	104
3.3.2.	MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO	110
3.3.3.	MÉTODO DEL ESTRATO SECO	116
3.3.4.	COMPARACIÓN DE COSTOS ESTRATO HÚMEDO – SECO	120
3.4.	PRESUPUESTO DE LA OBRA “MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR EN LA AVENIDA PROLONGACIÓN CIEZA DE LEON HASTA LA AV LA PURÍSIMA MZ 22-30, DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO LAMBAYEQUE”	120
3.4.1.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	121
3.4.2.	PRESUPUESTO	123
3.5.	PRESUPUESTO POR EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL “MÉTODO DEL ESTRATO SECO”	124
3.5.1.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	124
3.5.2.	PRESUPUESTO	126
3.6.	PRESUPUESTO POR EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL “MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO”	127
3.6.1.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	127

3.6.2.	PRESUPUESTO	129
IV	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	130
4.1.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	130
4.1.2.	ESTUDIO DE SUELOS	131
4.1.2.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	131
4.1.2.2.	LÍMITES DE ATTEMBERG (LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO)	131
4.1.2.3.	EQUIVALENTE DE ARENA	131
4.1.2.4.	RESISTENCIA DE ABRASIÓN (AASHTO – T – 96)	132
4.1.2.5.	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	132
4.1.2.6.	PRÓCTOR MODIFICADO	132
4.1.3.	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL AFIRMADO	133
4.1.3.1.	DATOS GENERALES	133
4.1.3.2.	MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO	134
4.1.3.3.	MÉTODO DEL ESTRATO SECO	135
4.1.3.4.	COMPARACIÓN DE COSTOS ESTRATO HÚMEDO – SECO	135
4.1.4.	COMPARACIÓN ENTRE PRESUPUESTO BASE Y PRESUPUESTO CON MÉTODO DEL ESTRATO SECO	137
4.1.5.	COMPARACIÓN ENTRE PRESUPUESTO BASE Y MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO	139
4.1.6.	COMPARACIÓN ENTRE PRESUPUESTO CON MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO Y PRESUPUESTO CON MÉTODO DEL ESTRATO SECO	141
4.1.7.	RESUMEN DE PRESUPUESTOS	143
V	CONCLUSIONES	147

VI	RECOMENDACIONES	152
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154
VIII	ANEXOS	157
10.1	ANEXO 1 – TABLAS	157
10.2	ANEXO 2 – FOTOGRAFÍAS	158
10.3	ANEXO 3 - IMÁGENES	160
10.4	ANEXO 4 - PLANOS	1688
	ACTA APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	170
	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV.....	171

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2. 1 Máquina del ensayo de abrasión Los Ángeles parte 1	85
Imagen 2. 2 Máquina del ensayo de abrasión Los Ángeles parte 2	85
Imagen 2. 3 Curva de contenido de humedad vs densidad seca	90
Imagen 3. 1 Ubicación de la cantera Inproconsa y el lugar donde se realizará la obra	121

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. 1 Zona de explotación de la cantera Inproconsa	53
Fotografía 1. 2 Cantera Inproconsa	53
Fotografía 3. 1 Personal realizando el levantamiento topográfico	97
Fotografía 3. 2 Camión cisterna humedeciendo el terreno	107
Fotografía 3. 3 Zaranda estática.....	108
Fotografía 3. 4 Cargador frontal cargando material.....	112
Fotografía 3. 5 Cargador frontal extrayendo material de estrato húmedo	113
Fotografía 3. 6 Over extraído.....	115
Fotografía 3. 7 Cargador frontal cargando material.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Elementos de una cantera	38
Figura 1. 2 Etapas para la explotación de una cantera	39
Figura 1. 3 Rocas y minerales industriales en el Perú	41
Figura 1. 4 Explotación de graveras secas	45
Figura 1. 5 Vista de una gravera en producción	46
Figura 1. 6 Ubicación de la Cantera Tres Tomas	54
Figura 1. 7 Cargador de rueda o cargador frontal	60
Figura 1. 8 Camión cisterna	61
Figura 1. 9 Tractor oruga.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Granulometría recomendada para tráfico con un IMS menor a 50 vehículos	56
Tabla 1. 2 Categorías de la sub rasante.....	57
Tabla 1. 3 Ventas de la cantera Inproconsa.....	64
Tabla 2. 1 Cuadro de operacionalización de variables	70
Tabla 2. 2 Carga abrasiva	83
Tabla 2. 3 Granulometría de la muestra de agregado para ensayo	84
Tabla 2. 4 Resultados de ensayo de proctor modificado.....	93
Tabla 3. 1 Resultados del levantamiento topográfico.....	96
Tabla 3. 2 Cuadro general parte 1.....	100
Tabla 3. 3 Cuadro general parte 2.....	101
Tabla 3. 4 Cuadro general parte 3.....	102
Tabla 3. 5 Cuadro general parte 4.....	103
Tabla 3. 6 Procedimiento para la obtención de afirmado húmedo en cantera	104
Tabla 3. 7 Dimensiones y volumen de la arrocera.....	104
Tabla 3. 8 Factor de esponjamiento del suelo	105
Tabla 3. 9 Producción de la cantera (porcentaje de afirmado y over)	105
Tabla 3. 10 Cantidad y costo de agua necesaria para humedecer la arrocera	106
Tabla 3. 11 Costos de humedecimiento, de zaranda estática e instalación de maquinaria	106
Tabla 3. 12 Costo de humedecimiento del estrato por m3	107

Tabla 3. 13 Costo por m3 de producción de zaranda estática	108
Tabla 3. 14 Costo de instalación de cargador frontal y excavadora	109
Tabla 3. 15 Producción de cantera con el método del estrato húmedo producción y costo de material afirmado	110
Tabla 3. 16 Producción de cantera con el método del estrato húmedo producción y costo de over	111
Tabla 3. 17 Producción de material afirmado y over con estrato húmedo	112
Tabla 3. 18 Tiempo por ciclo y costo por explotar un m3 de suelo de la cantera en estudio.....	113
Tabla 3. 19 Costo de producción de un m3 de material afirmado por el método del estrato húmedo.....	113
Tabla 3. 20 Costo de producción de un m3 de over por el método del estrato húmedo	114
Tabla 3. 21 Producción de material afirmado con el método de estrato seco	116
Tabla 3. 22 Tiempo por ciclo de la explotación de suelo por el método del estrato seco	117
Tabla 3. 23 Costo por metro cúbico de uso de zaranda e instalación de maquinaria	117
Tabla 3. 24 Costo de maquinaria empleada para extraer un metro cúbico de material por el método del estrato seco.....	118
Tabla 3. 25 Costo de producir un metro cúbico de afirmado por el método del estrato seco	118
Tabla 3. 26 Costo de producir un metro cúbico de over por el método del estrato seco	119

Tabla 3. 27 Comparación de costos de extraer material afirmado y over por el método del estrato húmedo y método del estrato seco	120
Tabla 3. 28 Análisis de precios unitarios - partida capa sub base granular con máquina E = 15 cm (reforzada) – obra “MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR EN LA AVENIDA PROLONGACIÓN CIEZA DE LEON HASTA LA AV LA PURÍSIMA MZ 22-30, DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO LAMBAYEQUE”	121
Tabla 3. 29 Análisis de precios unitarios - partida capa base granular a máquina E = 20 cm – obra “MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR EN LA AVENIDA PROLONGACIÓN CIEZA DE LEON HASTA LA AV LA PURÍSIMA MZ 22-30, DISTRITO DE CHICLAYO LAMBAYEQUE.....	122
Tabla 3. 30 Presupuesto “MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR EN LA AVENIDA PROLONGACIÓN CIEZA DE LEON HASTA LA AV LA PURÍSIMA MZ 22-30, DISTRITO DE CHICLAYO LAMBAYEQUE.....	123
Tabla 3. 31 Análisis de precios unitarios de capa sub base granular con máquina E = 15 cm (reforzada), método del estrato seco.....	124
Tabla 3. 32 Análisis de precios unitarios de capa base granular a máquina E = 20 cm, método del estrato seco	125
Tabla 3. 33 Cálculo de rendimiento de transporte afirmado, método del estrato seco	125
Tabla 3. 34 Presupuesto, método del estado seco	126
Tabla 3. 35 Análisis de precios unitarios de capa sub base granular con máquina E = 15 cm (reforzada), método del estrato húmedo	127
Tabla 3. 36 Análisis de precios unitarios de capa base granular a máquina E = 20 cm, método del estrato húmedo	127

Tabla 3. 37 Cálculo de rendimiento de transporte de afirmado, método del estrato húmedo	128
Tabla 3. 38 Presupuesto, método del estrato húmedo	129
Tabla 5. 1 Tiempo por ciclo y costo por explotar un m3 de suelo de la cantera en estudio por el método húmedo	150
Tabla 5. 2 Tiempo por ciclo y costo por explotar un m3 de suelo de la cantera en estudio por el método seco	150
Tabla 5. 3 Costo de explotación por el método del estrato seco y método del estrato húmedo	151

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 2. 1 Fórmula para obtener el porcentaje del peso retenido en una determinada malla	74
Fórmula 2. 2 Fórmula para obtener el contenido de humedad a 15, 25 y 35 golpes en el límite líquido	78
Fórmula 2. 3 Fórmula para obtener el contenido de humedad para el límite plástico.	78
Fórmula 2. 4 Fórmula para determinar el índice de plasticidad	79
Fórmula 2. 5 Fórmula para calcular el equivalente de arena	82
Fórmula 2. 6 % de desgaste	85
Fórmula 2. 7 % de agua a añadir	89
Fórmula 2. 8 % de expansión	89

ÍNDICE DE ANEXO 1 – TABLAS

Gráfico 4. 1 Análisis de costos unitarios - capa sub base granular con máquina E 15 cm (reforzada) - P. base vs P. MES.....	137
Gráfico 4. 2 Análisis de costos unitarios - capa base granular máquina E 20 cm - P. Base vs P. MES.....	138
Gráfico 4. 3 Comparación de presupuestos - P. base vs P. MES	138
Gráfico 4. 4 Análisis de costos unitarios - capa base granular máquina E 20 cm - P. Base vs P. MEH	139
Gráfico 4. 5 Análisis de costos unitarios - capa sub base granular con máquina E 15 cm (reforzada) . P. base vs P. MEH.....	140
Gráfico 4. 6 Comparación de presupuestos - P. base vs P. MEH	140
Gráfico 4. 7 Análisis de costos unitarios - capa sub base granular con máquina E 15 cm (reforzada) . P. MES vs P. MEH.....	141
Gráfico 4. 8 Análisis de costos unitarios - capa base granular máquina E 20 cm - P. MES vs P. MEH.....	142
Gráfico 4. 9 Comparación de presupuestos - P. MES vs P. MEH	143
Gráfico 4. 10 Análisis de costos unitarios - capa sub base granular con máquina E 15 cm (reforzada) . P. MES vs P. MEH vs P. BASE	143
Gráfico 4. 11 Análisis de costos unitarios - capa base granular máquina E 20 cm - P. MES vs P. MEH vs P. BASE	144
Gráfico 4. 12 Comparación de presupuestos - P. MES vs P. MEH vs P. BASE	144
Gráfico 4. 13 Método ahorrado por cada método de extracción	145
Gráfico 4. 14 % Ahorrado por cada método de extracción.....	145
Gráfico 5. 1 Porcentaje de ahorro por cada método de extracción	147

Gráfico 5. 2 Monto ahorrado por cada método de extracción	148
Gráfico 5. 3 Volumen de suelo a extraer	149
Gráfico 5. 4 Cantidad de agua necesaria para humedecer la arrocera.....	149

ÍNDICE DE ANEXO 1 – TABLAS

Anexo 1. Tabla 1. 1 Características de los suelos como sub rasante.....	156
---	-----

ÍNDICE DE ANEXO 2 – FOTOGRAFÍAS

Anexo 2. Fotografía 10. 1 Cargador frontal colocando material sobre zaranda estática	158
Anexo 2. Fotografía 10. 2 Suelo de la cantera Inproconsa.....	158
Anexo 2. Fotografía 10. 3 Zona de explotación de material	159
Anexo 2. Fotografía 10. 4 Levantamiento topográfico.....	159

ÍNDICE DE ANEXO 3 – IMÁGENES

Anexo 3. Imagen 3. 1 Resultados de ensayo de resistencia a la abrasión AASHTO - T - 96.....	160
Anexo 3. Imagen 3. 2 Resultados del ensayo de CBR y expansión.....	161
Anexo 3. Imagen 3. 3 Gráficas delos resultados del ensayo de CBR y expansión...	162
Anexo 3. Imagen 3. 4 Resultados del ensayo de límite de consistencia.....	163
Anexo 3. Imagen 3. 5 Resultados del ensayo de compactación - Próctor modificado Método A ASTM D -1557	164
Anexo 3. Imagen 3. 6 Resultados del ensayo de análisis mecánico por tamizado ASTM D - 422.....	165
Anexo 3. Imagen 3. 7 Resultados del ensayo del equivalente de arena.....	166

RESUMEN

La falta de productividad y elevados costos de explotación han llegado a generar enormes pérdidas a las canteras; sin embargo, se sigue haciendo uso de los métodos tradicionales de explotación. Por esto, surge la pregunta ¿Cuál de las técnicas, técnica de estrato seco o técnica de estrato húmedo, mejorará la producción de afirmado en la cantera Tres Tomas? La hipótesis sostiene que la producción de afirmado en la Cantera Tres Tomas mejorará haciendo uso de la técnica de estrato húmedo o la técnica de estrato seco, y se justifica desde la perspectiva económica, ambiental, social y técnica. El objetivo general planteado es comparar los costos de producción de afirmado de la cantera Tres Tomas con la técnica de estrato húmedo y seco. La investigación es de tipo cuantitativa, teniendo como población a la cantera Tres Tomas y como muestra a la cantera Inproconsa, por los antecedentes de calidad de material y ventas que posee. El plan de procesamiento de datos abarca la realización de levantamiento topográfico, ensayos de mecánica de suelos y análisis de costos unitarios de las técnicas de explotación.

Palabras: cantera, técnica de estrato seco, técnica de estrato húmedo y explotación.

ABSTRACT

The lack of productivity and the exploitation costs have come to generate. However, traditional methods of exploitation continue to be used. Therefore, the question arises: What is the technique, the dry layer technique or the wet layer technique, the production of the claim in the Tres Tomas quarry? The hypothesis is that the production of affirmed in the Tres Tomas quarry improves using the wet stratum technique or the dry stratum technique, and is justified from the economic, environmental, social and technical perspective. The general objective is to compare the production costs of the quarry Tres Tomas with the technique of wet and dry stratum. The research is of quantitative type, having as a population the quarry Three shots and as a sample to the Inproconsa quarry, due to the material and sales quality background that it has. The data processing plan includes the completion of topographic surveys, soil mechanics tests and analysis of unit costs of exploitation techniques.

Key words: quarry, dry stratum technique, wet stratum technique and exploitation.

I INTRODUCCIÓN

La alta demanda de minerales no metálicos en el Perú y en el mundo ha traído como consecuencia que la labor de explotar canteras no cese, por el contrario, que tenga como objetivo final el de mejorar los procesos de extracción con el fin de obtener mayores volúmenes de explotación y a consecuencia de ello, una mejora en las ganancias netas de las empresas en concesión de las canteras. Por este motivo, es que se optan por diferentes técnicas de explotación, por ejemplo, el método con estrato seco o método con estrato húmedo, que no sólo se encargan de explotar el suelo que conforma la cantera, sino que bien llevados a cabo, podrían traer una mejora en rendimientos de hasta el 200 %.

Además de la técnica, la cantidad de maquinaria empleada y los tiempos de carga y descarga cumplen un papel fundamental en la producción de una cantera. Por este motivo, es que actualmente diferentes empresas concesionarias tienen pérdidas que superan el 40%, sólo considerando los factores mencionados anteriormente.

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

A NIVEL INTERNACIONAL

Se ha estimado que cada año puede llegarse a producir más de 23 billones de toneladas de minerales en el mundo, los cuales se encuentran repartidos entre minerales preciosos y minerales de menor valor. La cantidad de residuos que pueden llegar a generar la extracción de minerales preciosos supera en gran medida al producto final, muy distinto sucede con los minerales de menor valor, como puede ser arena, grava, afirmado, etc. Debido a que la cantidad de material residual en estos últimos debe de ser mínima, ya que afecta directamente a los metros cúbicos de producción que puede llegar a tener la cantera en el año o en el mes evaluado. Así pues, se estima de que la cantidad de suelo explotado para producir 50 billones de toneladas en mineral, equivale a extraer 1.5 metros de profundidad de suelo de un área del tamaño de Suiza. (Amstrong & Menon, 2012)

La selección del tipo de explotación de cantera del que se hace uso es de suma importancia para poder controlar y mitigar el gran impacto ambiental que esta actividad genera. En la localidad de Usme, Colombia, la explotación minera no metálica afecta al sector agrícola, la riqueza paisajística y genera gran producción de particulados que pueden llegar hasta las áreas urbanas, generando incomodidad y llegando a tener efectos sobre la salud de los pobladores. Aparte de ello, la recuperación morfológica del suelo juega un papel importante en este tipo de situaciones, debido a que el área de influencia no llega a recuperarse en su totalidad, aunque sean tomadas diversas medidas de mitigación. (Luna, 2015)

Yucatán es una de las localidades que han sufrido más los estragos de la ineficiencia de la explotación de minerales no metálicos, llegando a explotarse cantidades que hasta ahora no poseen registros, aparte de ello, el impacto que generó al ambiente, debido a la contaminación por materiales particulados emanados, que han llegado a contaminar el medio biótico que rodea a las canteras. Este tipo de actividad ha traído como consecuencia el alterar, afectar y modificar severamente el medio natural, pues para la extracción de este tipo de minerales, es necesario arrasar con la potencia del estrato a explotar, con la vegetación y con toda la materia orgánica que cubre dicha superficie. Hoy en día, se desconoce exactamente la superficie total afectada, pero se sabe que existen muchas zonas abandonadas desde que se inició con la explotación de las canteras ubicadas en esta zona y la promulgación de la primera Ley de Protección al Ambiente del Estado de Yucatán. (Góngora, 2015)

A NIVEL NACIONAL

Los minerales no metálicos extraídos de las canteras, pueden ser usados para diversos fines, entre ellos encontramos la construcción de viviendas, obras hidráulicas como reservorios o inclusive obras de pavimentación; y es en este rubro dónde nos queremos centrar, pues la explotación de canteras de afirmado para poder satisfacer la demanda que tendrá el país para llegar a pavimentar el 100% de las vías va en aumento.

Se conoce hasta el año 2017 que el 89.9% de las carreteras en nuestro país no está pavimentada a nivel departamental. Esto no sólo trae como consecuencia, desde el punto de vista económico, que se necesitará una alta producción de material afirmado para poder abastecer la demanda de vías en construcción, sino que se puede llegar a correlacionar el grado de explotación y la cantidad de canteras que se necesitará explotar para poder satisfacer la demanda. (Perú21, 2017)

La proyección para poder asfaltar el 100% de carreteras que conforman la red vial nacional sostiene que este objetivo debería de ser cumplido para el año 2021. Esto quiere decir que la demanda de afirmado, como ya se había mencionado anteriormente como una proyección basada en el porcentaje de carreteras que aún faltan afirmar, será necesaria hasta el año mencionado. Esto representa aproximadamente 6 956 kilómetros de nuevas vías. (Elperuano, 2016)

A NIVEL LOCAL

La alta demanda de agregados en la construcción que se plantea en base al objetivo impuesto por el estado peruano de llegar a pavimentar el 100% de las carreteras que pertenecen a la red vial departamental, ha generado que las principales canteras de las diferentes regiones busquen formas para mejorar el rendimiento de su maquinaria, optar por otros métodos de extracción que sean más eficientes y así reducir sus gastos de extracción. Entre estas encontramos a la cantera Inproconsa, que forma parte del conjunto de zonas explotables que conforman Tres Tomas, siendo la mencionada anteriormente la cantera del presente trabajo de investigación; se caracteriza por tener una potencia de estrato de 8 m, con un volumen explotable de 131 742.07 m³ y un área de explotación de aproximadamente 33 147.49 m². El material extraído puede ser usado para relleno, para sub base, para base y como agregado para concreto. Uno de los principales problemas de esta cantera, al igual que muchas en la región, es que no hay un control exhaustivo acerca de sus rendimientos y de los gastos de producción. Aparte de ello, no hacen uso de otro tipo de extracción de minerales pétreos a cielo abierto, entre los diversos tipos, podemos encontrar la técnica de estrato húmedo y otros tipos.

Otra de las canteras de la región, es la cantera La Victoria, que tiene un área de 1.04 hectáreas, donde es posible la extracción de material. Además, tiene una potencia neta de 11 942.34 m³ de material. Como podemos ver en ambos casos y en todas las canteras a nivel regional e internacional, la cantidad de material del que disponen es finita. Esto trae consigo una limitada capacidad de beneficios económicos por parte del dueño o dueños de la misma y un impacto ambiental perjudicial y que seguirá estando activo hasta que se agote la potencia de estrato extraíble. (Trébol, 2011)

1.2 TRABAJOS PREVIOS

NIVEL INTERNACIONAL

Guzmán García, A. (2016). Diseño de explotación de cantera Río Granobles, ubicada en el Cantón Caymabe, Provincia de Pichincha. Facultad de ingeniería en geología, minas, petróleos y ambiental. Quito: Universidad Central del Ecuador.

La investigación tuvo como objetivo el diseño de una cantera a cielo abierto, lo que involucró procesos como la extracción del material de forma sistemática, técnica y amigable; es decir, que el impacto ambiental generado sea mitigado de la mejor forma posible. Esta dio como resultados finales un cuadro de reservas extraíbles del material propio, la caracterización del material pétreo, el diseño de explotación de cantera y los impactos generados por el proyecto.

El trabajo de investigación mencionado anteriormente se encargó de diseñar todo el proceso de explotación de una cantera, que va desde la extracción, hasta la evaluación de impacto ambiental y las medidas de mitigación de las cuales se hará uso para evitar un grado de contaminación alto en el área afectada. Ha sido tomada como referencia, principalmente en el proceso de diseño de la extracción del material que conforma la cantera, con el fin de conocer cómo es que se obtiene el rendimiento y la productividad de la maquinaria y de la explotación en general.

Ramírez Rojas, M. I. (2008). Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Esta investigación buscó la sostenibilidad en la explotación de una cantera de materiales empleados para la construcción. Para ello, se tomaron aspectos principales como lo son las reservas mineras, la demanda de los materiales y las tendencias de consumo del material; así mismo, como los años que tendrían que pasar para que se agoten las reservas de material en la cantera estudiada. Después de realizar el estudio respectivo al proceso de explotación de cantera fue que se pudo concluir que esta trabajaba bajo un proceso de insostenibilidad, lo que traía como consecuencia que el rendimiento de explotación era bajo, ocasionando mayores gastos de explotación y un nivel de inversión bastante bajo, produciendo un nivel de ingresos mermados.

Es ya conocido que las canteras son un bien finito de explotación, debido a que tiene un tiempo de vida determinado. Por este motivo, es que se busca el máximo rendimiento posible, con el fin de que la empresa encargada de explotar este terreno tenga mejor producción y por ende mayores ganancias en comparación a la inversión hecha. Esta investigación es tomada como referencia por su forma de evaluar la sostenibilidad de la extracción de materiales, aunque habla acerca de materiales de construcción en general, el afirmado, que es el material en el que nos concentraremos, forma parte de esta clase de materiales, pudiéndonos dar una referencia de las cosas que no se deberían de aplicar en la cantera estudiada en el presente trabajo.

NIVEL NACIONAL

Alvarado Clavijo, N. (2013). Gestión en la producción de agregados para pavimentos, caso Quinoa - San Francisco Tramo I. Facultad de Ingeniería. Lima: Universidad Ricardo Palma.

La investigación buscó optimizar los distintos aspectos del proceso constructivo, haciendo uso de herramientas de gestión que ayuden a tener control sobre las actividades programadas para el proceso de explotación de cantera. Con el fin de que no se generen sobrecostos, lo que afectaría el tiempo de ejecución y la calidad de los trabajos. Las variables que afectan este tipo de procesos van desde los factores

climáticos, factores sociales, hasta las fallas mecánicas que podrían llegar a tener los equipos o maquinaria para el desarrollo óptimo de su trabajo. Este estudio ha concluido que las fallas mecánicas afectan las horas productivas en un 48.01%, por lo que equipos nuevos aseguran mayor cantidad de horas operativas.

El trabajo de investigación mencionado anteriormente nos da una visión general de cómo es que las fallas mecánicas pueden afectar el rendimiento de explotación de canteras. Por este motivo, es que en las técnicas que se pretenden evaluar es de suma importancia reducir la incidencia de maquinaria empleada, ya que cualquier descompuesto de la misma puede afectar de manera severa la productividad.

Taype Matamoros, E. (2016). Diseño de explotación de cantera para agregados, Distrito de Huayucachi. Facultad de Ingeniería Civil. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

El objetivo de la tesis en mención fue el de diseñar todo el proceso de explotación de una cantera, con el fin de satisfacer la demanda que exige el mercado de agregados para fabricar de concreto. Esta cantera se encontró ubicada en el distrito de Huayucachi. Se ha realizado una Evaluación de Impacto Ambiental o también denominado EIA, que ha buscado evaluar el impacto generado por la explotación de la cantera en mención, llegando a la conclusión de que hay una afectación moderada al ambiente, de 32%. Los agregados extraídos poseen una buena resistencia al desgaste, llegando al 20.25%. Se optó como diseño de explotación, el método a cielo abierto, sistema totalmente discontinuo y parámetros de la cantera para fabricación de concreto en el cauce del Río Mantaro. El volumen a acumular producto de los sedimentos, llegó hasta los 3 158 545.30 m³ / año, depositado en un área de 1 308 370.25 m².

En el trabajo de investigación anterior se realiza el diseño de explotación de cantera haciendo uso del método del cielo abierto. Además, menciona el volumen que se puede llegar a acumular anualmente y el volumen de extracción, ya que estamos hablando de una cantera que se ubica en las laderas de un río. En nuestro caso, el tipo de explotación también es a cielo abierto; sin embargo se tiene que tener en cuenta

que la cantera tres tomas no se ve alimentada por material de sedimentación que arrastra el río. Por este motivo, la producción debe de ser la máxima posible porque el tiempo de vida de la misma es limitado.

Piérola Vera, D. (2015). Optimización del plan de minado de cantera de caliza La Unión, distrito de Baños del Inca. Facultad de Ingeniería de Minas. Cajamarca: Universidad Nacional del Altiplano.

La sociedad minera de responsabilidad limitada “La Unión de Cajamarca” fue la titular de la concesión minera no metálica “La Unión” con aproximadamente 100 hectáreas de extensión de terreno. Se caracterizó por tener una producción de piedra caliza artesanal, llegando a producir de este modo hasta 30 Toneladas por Día. El trabajo de investigación buscó mejorar la producción de piedra caliza que puede llegar a tener esta concesionaria, planteándose como objetivos: evaluar las características geomecánicas del yacimiento, reservas minerales y el ciclo de operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y transporte. Incorporando una mayor cantidad de maquinaria, reorganizando los procesos de extracción y reduciendo los tiempos de carga y descarga, es que se ha podido optimizar la producción, hasta llegar a un rendimiento de 80 toneladas diarias de roca fragmentada para ambos hornos de calcinación de material, incrementando las ganancias de la concesión hasta en \$ 21 028.00.

El trabajo del cual se habla anteriormente es un ejemplo a seguir en la mejora de rendimiento de explotación de una cantera no metálica. La empresa concesionaria se trazó como objetivo el de mejorar la producción de la misma y por ende las ganancias que se podrían llegar a tener, reorganizando la cantidad de maquinaria empleada, los procesos de explotación y los tiempos de carga y descarga, es que se pudo llegar a una producción de hasta 80 toneladas diarias de 30 que se venían produciendo. Esta mejora de rendimiento se quiere llegar a tener en la cantera Tres Tomas, pero no sólo mejorando los tiempos de carga y descarga o reduciendo y reorganizando la cantidad de maquinaria empleada, sino modificando la forma de extracción que se tiene actualmente.

NIVEL LOCAL

Becerra Fernández, A. S., & Ugaz Medina, J. V. (2015). Estudio de la pavimentación de los pueblos jóvenes del sur, del distrito de la Victoria, Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque. Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

La tesis realizada por los autores Becerra Fernández y Ugaz Medina buscó determinar qué tipo de pavimento es el que cuenta con mejores condiciones técnicas y económicas para su uso en el distrito de la Victoria. Esta investigación no sólo abarcó el estudio del mismo pavimento, sino también de los materiales con los que se ha elaborado. Para ello, es que se realizó un estudio de canteras hasta el diseño de los tres tipos de pavimentos: pavimento flexible, rígido y semirrígido.

El trabajo de investigación mencionado anteriormente fue de suma importancia para la presente investigación, debido a que realizó un estudio de tres canteras, entre la que se encuentra la cantera Tres Tomas. Las canteras fueron: Cantera La victoria, Cantera La Pluma y Cantera Tres Tomas. Para poder determinar cuál de las canteras es la que posee un mejor material en comparación a las otras es que se hizo una investigación de laboratorio y la evaluación de calidad de los materiales granulares. Los resultados obtenidos dieron como conclusión que la cantera Tres Tomas es la que posee materiales con mejores propiedades física, química y mecánicas. Este resultado fue de gran importancia para escoger la Cantera Tres Tomas por encima del resto de canteras para realizar nuestro estudio.

Horna Vigil, J. L. (2015). Diseño de la carretera Km 30 + 850 interoceánica norte - CIP. Tierra Rajada, Distrito de Olmos, Provincia Lambayeque, Región Lambayeque. Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y Arquitectura. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Este trabajo de investigación ha sido realizado con el fin de que sirva como base para la elaboración del expediente técnico del mismo proyecto, para su posterior ejecución. Se planteó como objetivo general el de elaborar el diseño con el mismo título de la investigación, teniendo como objetivos específicos, desde el estudio topográfico hasta la reducción de los costos de transporte.

Esta tesis fue tomada como referencia principalmente por el estudio de cantera que realizó con el fin de determinar la adecuada calidad de material a usar en la elaboración de base y sub base. Aquí se tiene en cuenta desde el reconocimiento de la cantera hasta la realización de las calicatas y la realización de los ensayos de laboratorio, todo con el fin de comprobar la buena calidad del material y tener adecuadas referencias para justificar su uso. Este mismo proceso se está realizando en el presente trabajo de investigación, desde el trabajo de campo para el reconocimiento, la topografía y los ensayos al suelo necesarios para comprobar la adecuada calidad del material.

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

1.3.1.1 EXPLOTACIÓN DE CANTERAS

Las canteras son el conjunto de labores realizadas a cabo con el fin de explotar el material útil en la construcción. Para el caso de esta investigación, lo que se busca con la explotación de la cantera es poder obtener como resultado final, material afirmado. En la explotación de una cantera tiene que ser tomado en cuenta, las pendientes y el depósito de material pétreo. Este depósito se divide en capas horizontales, con la finalidad de poder explotar varias capas o también llamados bancos, de manera simultánea. Por este motivo, es que la cantera normalmente va tomando una forma escalonada. (Piérola Vera, 2015)

1.3.1.1.1 EVALUACIÓN DE YACIMIENTOS Y RESERVAS

Cuando se requiere explotar una cantera, es necesario tomar en cuenta algunos criterios operativos. Estos dependen de las características geo estructurales y geo mecánicas del yacimiento; además de la cobertura vegetal, con el fin de poder realizar

el desbroce respectivo. Estos criterios son: altura de banco, plataformas de trabajo, bermas, pistas y rampas; y el espacio de trabajo o módulo. (Piérola Vera, 2015)

Altura de banco: La altura de banco está limitada por la pendiente máxima de trabajo permitida, pudiendo llegar hasta 25%. Si estamos hablando de arranque directo, entonces la altura de banco depende del alcance del cucharón de la pala.

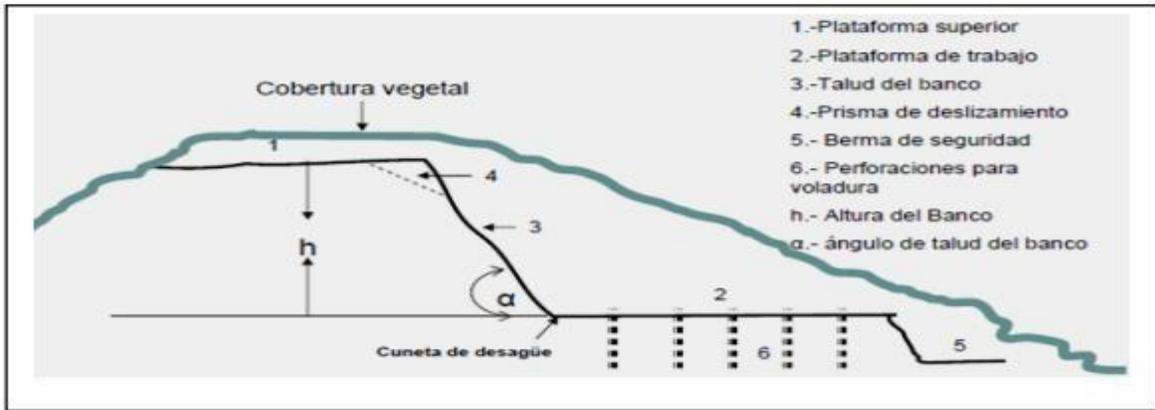
Plataformas de trabajo: las plataformas de trabajo deben de garantizar el movimiento sin riesgo de las máquinas y del personal. Además, un factor importante que debe de ser tomado en cuenta, es que debe tener la suficiente medida para permitir el giro de los volquetes.

Bermas: Las bermas tienen como objetivo el de permitir la estabilidad del talud, su altura normalmente es la misma que la de la plataforma de trabajo. La relación que normalmente cumple $V=1/H=4$.

Pistas y rampas: La pendiente recomendada para las pistas y rampas debe de rondar el 8% y tiene que tener un ancho que guarde una relación con respecto a la anchura del mayor volquete, entre 3 a 4 veces la medida.

El espacio de trabajo o módulo: Este espacio de trabajo o también denominado módulo, no cumple con ninguna relación de medida, sino que depende de la cantidad de personal y la maquinaria que se encontrará trabajando en dicha zona. Por este motivo, es que se recomienda que vaya evolucionando conforme se vayan dando los avances de la gavera.

Figura 1. 1 Elementos de una cantera



FUENTE: Piérola Vera, D. (2015). Optimización del plan de minado de cantera de caliza La Unión, distrito de Baños del Inca. Facultad de Ingeniería de Minas. Cajamarca: Universidad Nacional del Altiplano.

Todos los proyectos de explotación de canteras tienen que pasar por una planificación de las actividades que se pretenden realizar. Por este motivo, es que en canteras que explotan agregados para construcción, las etapas se dividen en tres, para poder cumplir con los objetivos de manera satisfactoria. (Piérola Vera 2015)

Figura 1. 2 Etapas para la explotación de una cantera



FUENTE: Piérola Vera, D. (2015). Optimización del plan de minado de cantera de caliza La Unión, distrito de Baños del Inca. Facultad de Ingeniería de Minas. Cajamarca: Universidad Nacional del Altiplano.

1.3.1.1.2 UBICACIÓN

Cuando se pretende ubicar una planta, es necesario tener ciertos aspectos en consideración, como los mencionados a continuación: (Piérola Vera 2015)

Cuidadosa elección del emplazamiento

Minimizar el impacto visual (buscar las cotas más bajas del terreno o aprovechar huecos existentes)

Tiene que estar ubicada lo más cerca posible de los frentes de explotación.

Se debe de planificar accesos, pasos de vehículos y peatones, oficinas y servicios, báscula de ventas, zona de residuos.

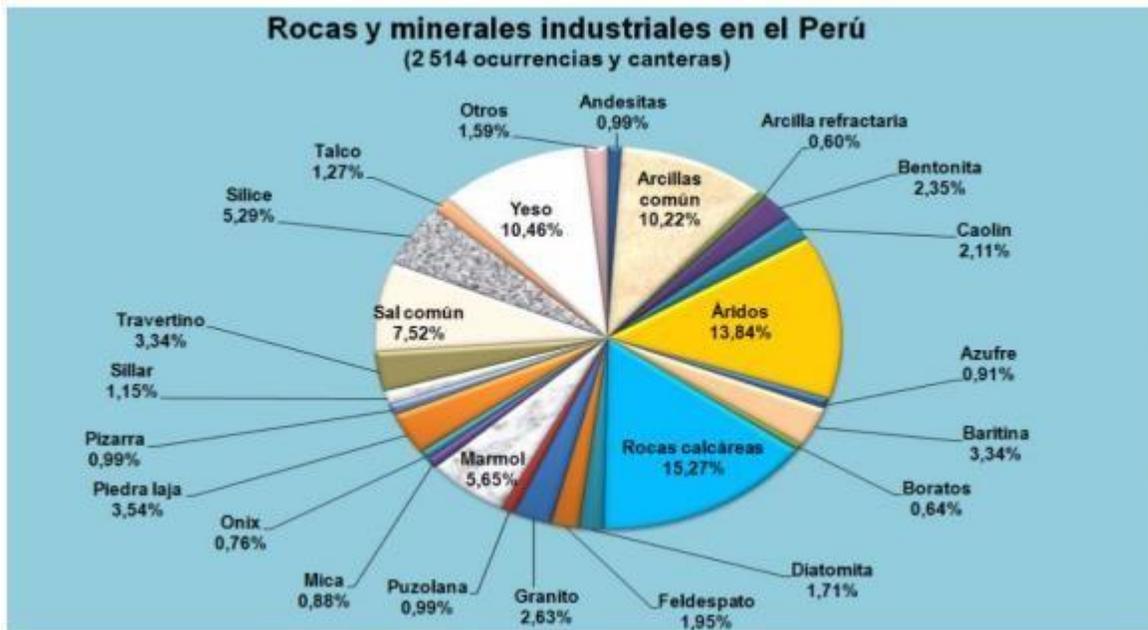
Ubicar adecuadamente las zonas de mantenimiento y talleres.

Las canteras normalmente necesitan superficies de gran expansión, por la cantidad de equipos que trabaja en la misma y por las zonas de explotación consideradas.

1.3.1.2 POTENCIAL DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES EN EL PERÚ

Los minerales no metálicos que representan el mayor volumen de producción en el Perú, son: Piedra caliza, hormigón, sal común, arena, arcilla, puzolanas y boratos o también denominados ulexita. Estos representan una explotación nacional de aproximadamente 100 mil toneladas anuales. Para poder obtener este rendimiento se explotan más de 2 514 canteras a nivel nacional. Según los últimos registros, el Perú llegó a exportar en el año 2009 más de 114 millones de dólares en minerales no metálicos, los cuales se transformaron en divisas para el país. (Piérola Vera, 2015)

Figura 1. 3 Rocas y minerales industriales en el Perú



FUENTE: INGEMMET. (2009). Evaluación Pesem 2do Semestre. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

1.3.1.3 CONCEPTO TRADICIONAL DE LA CANTERA

Anteriormente las explotaciones de canteras eran considerados trabajos de escaso interés, principalmente porque daban materiales de muy escaso valor económico. Por este motivo, es que había una enorme cantidad de yacimiento al nivel mundial y los problemas de agotamiento no se presentaban anteriormente, exigiendo algunos criterios de selección de material elementales, que buscaban obtener minerales no metálicos de gran calidad. (Piérola Vera, 2015)

El término cantera englobaba antiguamente a aquellas explotaciones superficiales que se caracterizaban por tener un tamaño pequeño, de escasa tecnificación y bajas producciones. Estas contaban tradicionalmente con dos bancos o un solo banco de gran altura, con formas anárquicas y con escaso planteamiento. Las canteras explotaban yacimientos en los que existían pocos problemas de reservas o agotamiento, por este motivo es que se llegaba a suministrar materiales de origen mineral del alta calidad y con un escaso valor económico. (Piérola Vera, 2015)

Los yacimientos antiguamente producían materiales de gran calidad, los cuales tenían la capacidad de satisfacer las exigencias del mercado. Por este motivo, las diferentes obras de ingeniería como puentes, edificios o carreteras, no tenían problemas de abastecimiento de material. Para el caso de las obras de pavimentos, es que se optaba por abrir una nueva cantera que se encuentre cerca del lugar donde se están realizando los trabajos, llamadas “préstamo de material”. Para este tipo de casos, se optaba por realizar una extracción en profundidad, cuanto sea posible, ya que se trataba de evitar ocupar mayor superficie de extracción, ya que es más caro y difícil de restaurar. (Piérola Vera, 2015)

1.3.1.4 DEFINICIÓN ACTUAL DE LA CANTERA

La definición de cantera se ha ido modificando con el tiempo, esto se debe a que hoy en día las presiones sociales exigen más que una simple explotación de minerales no metálicos, sino que es necesario estudios ambientales, de calidad, sociales o exigencias técnicas que se ven involucradas de manera directa o indirecta. Como se mencionó en un ítem anterior, la explotación de canteras antiguamente sólo necesitaba de un permiso para poder funcionar y empezar a explotar los minerales, hoy en día la situación ha cambiado y es necesario más que un permiso. (Herrera Herbert, 2006)

La demanda de productos provenientes de canteras, tienen una clara trayectoria ascendente en función al crecimiento de la población y de la riqueza per cápita. Ahora ya no sólo depende de las exigencias técnicas que han sido impuestas a las empresas que se dedican a la explotación de canteras, sino que también se tienen en consideración las recomendaciones de las evaluaciones de impacto ambiental. Las diferentes administraciones también toman en consideración el nivel tecnológico de la explotación de material mineral. Esto se debe a que a mayor tecnología empleada, es que se puede llegar a una mejora en los procesos de extracción y una mejora en la producción. (Herrera Herbert, 2006)

1.3.1.5 TIPOS DE EXPLOTACIONES DE CANTERA

Según Herrera H.J. (2006). Divide a los tipos de canteras en tres:

Las canteras de áridos: que abarcan materiales como las zahorras, los rellenos, las escolleras, los asfaltos, hormigones, entre otros. Acá también entran las gaveras.

Las canteras de rocas ornamentales: como pizarras, granitos, calizas, etc.

Las canteras de rocas y minerales industriales: como cementos, ladrillera, cerámica, vidrio, etc.

1.3.1.5.1 CANTERA COMO FUENTE DE APROVISIONAMIENTO

Las canteras son fuente de aprovisionamiento de los suelos y las rocas necesarios para las obras de construcción. Este es el término empleado para señalar a las explotaciones de áridos para la construcción a cielo abierto, en los cuales se incluyen a las rocas industriales y ornamentales, gravas, gravillas, arenas y arcillas. Las canteras son las encargadas de aprovisionar del material necesario para la conformación de terraplenes, estabilizaciones, capa de sub base o base, así como agregados para la elaboración de concretos de cemento portland y asfáltico. (Piérola Vera, 2015)

Uno de los principales problemas a nivel ambiental de explotar una cantera, son las altas cantidades de material extraído y la forma en la que se mitigará dicho movimiento de tierras, generando la destrucción del paisaje. (Piérola Vera, 2015)

1.3.1.5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CANTERAS SEGÚN EL TIPO DE EXPLOTACIÓN

Las canteras se pueden clasificar dependiendo del tipo de explotación o el material que se quiera explotar y su origen:

Canteras a cielo abierto

En laderas, se nombra así cuando se explota la roca en la falda de un cerro.

En corte, ocurre cuando la zona de explotación de la roca está a cierta profundidad del terreno.

Canteras subterráneas.

1.3.1.5.3 CLASIFICACIÓN DE LAS CANTERAS SEGÚN EL MATERIAL A EXPLOTAR

De materiales no consolidados: suelos (tierra), agregados, terrazas aluviales y arcillas.

De materiales consolidados o rocas.

1.3.1.5.4 CLASIFICACIÓN DE LAS CANTERAS SEGÚN SU ORIGEN

Canteras aluviales.

Canteras de roca o peña.

1.3.1.5.5 INTRODUCCIÓN DEL TÉRMINO GRAVERA

El término gravera corresponde a una definición muy similar a la conocida definición de canteras. Es decir, que prácticamente significan lo mismo, sólo que es más usado para referirse a materiales áridos naturales granulares, haciendo uso de métodos de extracción directa en la gran mayoría de casos. Las graveras pueden seguir tres formas de explotación: graveras secas, graveras con explotación bajo lámina de agua y graveras con rebajamiento del nivel freático. (Herrera Herbert, 2006)

1.3.1.5.6 EXPLOTACIÓN DE CANTERAS

La extracción de materia prima se encuentra dentro de las actividades propias de una cantera, considerando que esta se realiza por medio de métodos mecánicos, con la ayuda de cierto tipo de maquinaria diseñada especialmente para mejorar la producción de extracción de material. Hoy en día se cuenta con tecnología que ha ido desarrollando con el pasar del tiempo, maquinaria especializada para desarrollar de una forma más eficiente trabajos específicos, como lo son la excavadora, el cargador frontal, el tractor oruga, etc. (Piérola Vera, 2015)

La explotación de canteras engloba actividades, tales como:

Desmante y limpieza

Preparación

Extracción y acopio

Zarandeo o chancado

Carguío y transporte

La explotación en la mayoría de las canteras de la región, es realizada de forma semi mecanizada y en un menor porcentaje en forma manual; predomina el sistema de cielo abierto. Por sus características geológicas, la zona interandina es la que presenta condiciones óptimas para localizar yacimiento no metálico, rocas ornamentales o materiales de construcción. (Piérola Vera, 2015)

1.3.1.5.7 FORMAS DE EXPLOTACIÓN DE GRAVERAS

Como se mencionó anteriormente, las graveras se pueden explotar de tres formas distintas: graveras secas, graveras con explotación bajo lámina de agua y graveras con rebajamiento del nivel freático.

Las graveras secas consisten en excavaciones volumétricas realizadas hasta alcanzar el fondo esperado o lecho del depósito de gravas y arenas. Estas explotaciones normalmente se encuentran ubicadas en las terrazas altas de los depósitos fluviales y siempre se trabaja sobre el nivel freático, con el fin de no toparse con terreno húmedo. El avance suele tener un frente único, aunque este depende de la profundidad. Si nos referimos a la maquinaria empleada, pues cabe resaltar que es la típica usada en cualquier explotación a cielo abierto, siendo habitual el uso de excavadoras o pala excavadora, ya que presentan una mayor accesibilidad en cuanto a visión de los materiales que se extraen. (Herrera Juan 2006)

Figura 1. 4 Explotación de graveras secas



FUENTE: Herrera Herbert, J. (2006). Métodos de minería a cielo abierto. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Las graveras bajo lámina de agua son aquellas explotaciones en las que el nivel freático se encuentra a una cierta profundidad, cuando la potencia del estrato es de gran altura; por ello la extracción se realiza total o parcialmente bajo el agua. Normalmente se suele disponer de un solo banco con una altura igual a la profundidad de hueco inundado. Únicamente cuando la parte alta del depósito se encuentra seca, la extracción puede ser realizada con un método mixto que llega a combinar una variedad de maquinaria, siendo las más comunes: dragalina, cucharas de arrastre y excavadoras. El principal inconveniente que se tiene para este tipo de excavaciones, es la falta de visión de la zona de explotación, cuando la gravera se encuentra inundada totalmente; así mismo, hay alta posibilidad de que el material se encuentre contaminado con arcillas y limos. Este método presupone que la mayoría de zonas abandonadas terminen como lagunas, a pesar de que se llegue a rellenar ciertas zonas. (Herrera Juan 2006)

Figura 1. 5 Vista de una gravera en producción



FUENTE: Herrera Herbert, J. (2006). Métodos de minería a cielo abierto. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Las graveras con rebajamiento del nivel freático consisten en la depresión de dicho tirante de agua, haciendo uso de un conjunto de pozos de bombeo perimetral al área de explotación, red de zanjas excavadas por debajo del tirante de agua o por pantallas de impermeabilización. Para cualquiera de los casos mencionados, la cantidad de agua a drenar puede llegar a ser considerable, aunque depende de la conductividad hidráulica y radios de influencia de varios cientos o miles de metros; además, cualquier método usado debe de ser permanente para poner mantener el nivel de tirante de agua controlado. (Herrera Herbert, 2006)

Entre las ventajas que se puede tener con este tipo de explotación, encontramos:

Mejores condiciones de trabajo de los equipos convencionalmente usados, ya que el material se encuentra drenado.

Mayor precisión en la extracción del material, al poderse ver el contacto entre materiales de diferente tipo.

Mejor aprovechamiento del depósito, al poderse ver el fondo del yacimiento.

Los inconvenientes que pueden surgir son:

El costo para drenar el agua puede suponer aumento en el valor de la producción.

Los problemas de vertido y control de grandes volúmenes de agua a un cauce próximo o huecos excavados anteriormente, pueden suponer un posible tratamiento de agua y presentar el riesgo de retorno de agua hacia el área de trabajo por filtración.

1.3.1.5.8 FASES DE LA EXPLOTACIÓN DE CANTERAS

Las fases de la explotación de una cantera a cielo abierto comprenden lo siguiente: destape, arranque, transporte interno, clasificación, comercialización, transporte externo, almacenamiento y escombreras.

El destape consiste en retirar todo el material de sobrecarga y que el material útil quede expuesto para que pueda ser explotado o retirado por cualquiera de los medios, sea por perforación o voladura, o mediante maquinaria pesada como: excavadora o búldozer. Esta operación es de suma importancia para reducir el impacto ambiental, ya que permite conservar el suelo fértil y las especies nativas, pudiendo así reforestarlas en otra zona, con el fin de recuperar el espacio explotado. Esta fase inicia con la excavación de trincheras de acceso o caminos hacia la cantera explotada. Los parámetros básicos que se deben de tener en cuenta son: largo, ancho de fondo, pendiente del talud, equipo empleado para la excavación y el objetivo para el que se construirá la trinchera. (Piérola Vera, 2015)

El arranque es una fase que tiene diferentes formas de empleo, cuando se está ante rocas duras o ante rocas suaves. En el caso de las rocas duras, se procede con la perforación de la misma y se hace uso de explosivos para proceder con la voladura. En el caso de rocas suaves, se hace uso de maquinaria pesada para la excavación, con el fin de disgregarla y cargarla a volquetes para su posterior transporte. (Piérola Vera, 2015)

El transporte interno inicia cuando se dispone de material heterogéneo disgregado en la plataforma de trabajo. Con la ayuda de una excavadora es cargado a los volquetes, que son los encargados de transportarlo hasta una zaranda manual o máquina encargada de realizar el mismo proceso. Esta puede encontrarse dentro de la zona de concesión o fuera de ella y es empleada para clasificar el tipo de material que se está explotando. (Piérola Vera, 2015)

La clasificación también depende del tipo de material que se esté explotando, si es que se dispone de material que ha sido extraído por voladura, servirá para alimentar a una trituradora de mandíbulas o cónica, con la que se podrá obtener productos de diferente medida, como ripio, arena, confitillo, etc. Si el material obtenido es suave, se hará uso de una excavadora para alimentar a una zaranda estacionara, con la que se podrá obtener diferentes productos, tales como: arena, ripio, base, sub base, etc. (Piérola Vera, 2015)

Los diferentes tipos de productos que se han obtenido en la explotación de canteras son comercializados de acuerdo a las necesidades del cliente. Normalmente ocurre que empresas que no tienen ninguna relación con la explotación de canteras, son las encargadas de comercializar este tipo de materia prima; en casos muy particulares, las mismas canteras disponen de volquetes y se encarga de comercializar los productos obtenidos de manera directa. El material que no ha sido comercializado es almacenado en lugares fuera de la zona de procesamiento o de explotación para su posterior comercialización. (Piérola Vera, 2015)

Las escombreras son los lugares empleados para almacenar de manera temporal o definitiva el suelo de cobertura; inclusive en estos lugares se puede almacenar aquel material que no ha sido comercializado o considerado como útil. (Piérola Vera, 2015)

1.3.1.5.9 CANTERAS EN EL ENTORNO AMBIENTAL

Es bien sabido que la explotación de canteras traer consigo un alto impacto ambiental, no sólo por la explotación de grandes volúmenes de suelo, sino también por los particulados que dicha explotación genera. Por este motivo es que se debe de diseñar un adecuado sistema y programa de aprovechamiento del material, con el fin de

generar el menor impacto posible. También se debe de tener en cuenta, que dichas condiciones cambian cuando se está ante un entorno distinto, por ejemplo, cuando la cantera explota zonas cercanas a ríos o quebradas, así como cerros o material del sub suelo. Además, depende también de la cantidad de volumen que se pretende extraer, así como la disposición final que se le va a dar al material extraído, pudiendo requerirse una previa selección del mismo, lo que origina desechos que tendrán que ser eliminados. Por este motivo, es que se deberá seguir las estipulaciones que recomienda el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), expuestas en un manual ambiental para el diseño y construcción de vías. (Piérola Vera, 2015)

1.3.1.6 PLAN DE MINADO

El plan de minado es definido como el diagnóstico de las posibilidades que consiste en el análisis integral de los factores de producción dentro de la empresa minera, sus limitaciones internas y externas; y todos aquellos sucesos que guardan relación con un objetivo planteado. Este plan es el resultado de todos los procesos planteados, de esta forma es que la empresa tiene que organizar sus políticas, sus estrategias, presupuestos, procedimientos, reglas y programas. (Piérola Vera, 2015)

Munier N. (2008) define al plan de minado como la labor de detallar cuáles son las tareas que intervienen en un proyecto, su duración en días, semanas o las unidades de tiempo que sean necesarias para llevar un nivel de detalle que permita tener un control detallado de la realización de cada proceso. Además de ello, es importante conocer la interrelación de cada una de las tareas y la dependencia e independencia de una con respecto a otra.

Velásquez M. (2009) define al plan como la definición de objetivos y medios para poder cumplirlos. Para este, un plan debe de ser la posibilidad de poder adelantarse a los posibles problemas que podrían ocurrir dentro de un proyecto, permitiendo tener un abanico de posibilidades para poder solucionar los problemas de una manera efectiva y rápida. Por este motivo, es que se dice que el planificar es examinar el futuro, tratar de cuantificar y cualificar el riesgo y la incertidumbre que existe, así como prepararse para hacer frente a los problemas.

Cuando se pretende elaborar un plan de minado adecuado, es recomendable responder a las siguientes preguntas: ¿Por qué debe hacerse? ¿Cuándo debe hacerse? ¿Qué acciones son necesarias? ¿Cuándo y dónde se hará? ¿Quiénes lo harán? ¿A qué costo se harán? ¿Cómo se hará? ¿Con qué se hará? (Piérola Vera 2015)

¿Por qué debe hacerse? Esta pregunta advierte al planificador que no debe de considerar actividades innecesarias dentro del plan de minado, debido a que podrían perjudicar el tiempo necesario para cumplir con los objetivos propuestos. Una planificación eficiente debe de buscar cumplir o satisfacer una necesidad técnica, operacional y económica.

¿Cuándo debe hacerse? La pregunta planteada busca definir el tiempo en el que sería más conveniente dar inicio al plan de minado. Esto depende principalmente de la demanda y la producción que puede llegar a tener la cantera.

¿Qué acciones son necesarias? Estas son definidas por la prioridad que tiene cada acción a realizar, vista desde el punto de vista técnico, económico y financiero. De esta forma, es que se determina la secuencia de las acciones, el momento en que serán realizadas y la prioridad que tiene cada una de ellas con respecto a otras.

¿Cuándo y dónde se hará? Está relacionada con el periodo de duración de cada una de las actividades, en donde se debe de definir el inicio y término de cada una de ellas. Así mismo, es necesario indicar el lugar preciso en donde se aplicará el plan o cada una de las actividades.

¿Quiénes lo harán? Esta pregunta permite fijar al personal responsable de cada una de las actividades o grupo de estas, basándose en la especialidad, habilidad y disponibilidad del factor humano.

¿A qué costo se hará? Depende mucho del potencial financiero del que disponga la empresa, pues es necesario tener un presupuesto base para poder desarrollar una actividad o grupo de actividades.

¿Cómo se hará? Está relacionada con la forma en la que se desarrollará cada actividad o grupo de actividades. Permite definir los procesos, métodos y técnicas de los que se hará uso en la realización de las mismas.

¿Con qué se hará? Esta pregunta permite tener una perspectiva más real, que servirá como línea base para poder planificar la adquisición de equipos necesarios para explotar las canteras y una proyección de ventas que garantice la recuperabilidad de la inversión realizada, así mismo como las ganancias proyectadas.

1.3.1.6.1 ELEMENTOS DE PLANEAMIENTO

Los elementos del planeamiento son los siguientes: cantidad y calidad, tiempo, lugar, recursos y costos. La cantidad de los trabajos de explotación normalmente están definidos por volumen de material extraído y volumen de cantidad producido. La calidad de los mismos, depende del tipo de suelo o roca que se esté explotando, lo cual será verificado con los diferentes ensayos realizados a las mismas. El tiempo es un factor importante en el cumplimiento de los objetivos, debido a que se debe de plantear una fecha de inicio y una fecha de fin de las actividades considerable y realista, dando ciertos márgenes que no condicionen o afecten el inicio de otras actividades y por ende el objetivo final. El lugar señala la ubicación exacta de las actividades, cómo cotas, coordenadas, zonas, secciones o pueblos; esto se refiere tanto a lugares donde se pretende realizar las labores, así como donde se requiera la materia prima explotada. Definir adecuadamente los recursos, nos permite tener un control de la producción estimada e inversión por metro cúbico explotado; además, debe de ser considerado cierto factor de seguridad que depende del tiempo de duración del proyecto, con el fin de equiparar ciertas fluctuaciones de precios, cambios en el valor de la moneda o variaciones en el mercado de adquisición. (Piérola Vera, 2015)

1.3.1.7 CANTERA TRES TOMAS

La cantera Tres Tomas es una de las canteras más importantes en Lambayeque, esta produce materiales como el over o el afirmado, los cuales son usados para fabricar piedra chancada o como material para mejorar el suelo de la sub rasante de algunas

obras de ingeniería. El over por ejemplo, usualmente es comprado por Cementos Pacasmayo, pasa por una chancadora para reducir el tamaño de la piedra y así poder producir piedra chancada de $\frac{3}{4}$ " o $\frac{1}{2}$ ", de acuerdo a lo requerido por el cliente. En el caso del material afirmado, este es usualmente usado como material para sub rasante en algunas obras de la región. Esta cantera se encuentra conformada por un gran número de zonas de explotación dentro de la misma, llegando a un número de 17 canteras en su interior. La cantera a explotar del presente estudio se denomina "Cantera Inproconsa", perteneciente a la empresa Ingenieros proyectistas consultores y constructores S.A.C.

1.3.1.7.1 UBICACIÓN

La cantera Tres Tomas se encuentra ubicada a en el distrito de Manuel Mesones Muro, en la ciudad de Ferreñafe.

Fotografía 1. 1 Zona de explotación de la cantera Inproconsa



FUENTE: Elaboración propia

Fotografía 1. 2 Cantera Inproconsa



FUENTE: Elaboración propia

El recorrido que se tendría que atravesar para acceder a esta cantera, es el descrito a continuación: desde la ciudad de Chiclayo hacia la provincia de Lambayeque, se debe recorrer por lo menos 20 Km, desde este punto al canal Taymi, distrito de Mesones Muro, se debe de recorrer al menos unos 9 Km. Después de haber llegado hasta este punto, es que se debe recorrer aproximadamente unos 4 Km, hasta poder llegar a la cantera en mención.

Figura 1. 6 Ubicación de la Cantera Tres Tomas



FUENTE: Imágenes extraídas de Google

1.3.1.7.2 CARACTERÍSTICAS

Los propietarios de la cantera Tres Tomas son la Asociación de Trabajadores del Sector 4 de Mayo. Los materiales para construcción que pueden ser extraídos de esta son: base, sub base granular, agregado grueso para concreto y material para relleno; teniendo un rendimiento para cada uno, descrito a continuación: 90.3% para Base, 77.3% para Sub base, 100% para material de relleno y 51% para concreto. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2011)

Como se mencionó anteriormente, esta cantera es una de las más importantes en la región, no sólo por el potencial de estrato que posee, sino también por la calidad de material que se puede extraer de la misma, siendo la única que llega a cumplir con las exigencias técnicas del manual de ensayos de materiales para carreteras del MTC. Los suelos que se tienen en esta cantera, normalmente entran dentro de la clasificación de gravas limosas, siendo esta una mezcla de grava, arena y limo, con baja plasticidad, con forma angulosa a semi angular. En el sistema AASHTO, es clasificada como A – 1 – a (0). (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2011)

1.3.1.8 AFIRMADO PARA CARRETERAS

1.3.1.8.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Se define como material afirmado a aquel revestimiento de calzada que buscan brindarle a las vías mejor resistencia, tanto al paso de tráfico, como a la erosión provocada por el mismo o por agentes meteorológicos. El afirmado está conformado por una mezcla de tres materiales: grava o piedra chancada, arena clasificada y finos plásticos. La piedra chancada o grava tiene como fin el de soportar la carga vehicular, siendo rugosa y no canto rodado. La arena clasificada es usada para llenar vacíos entre la grava, dando estabilidad a la capa. Los finos plásticos son usados para dar cohesión a la grava y a la arena, se encuentra conformado principalmente por arcillas. (Trisolini, 2009)

La granulometría recomendada para tráfico con un IMD menor a 50 vehículos es la que se muestra a continuación:

Tabla 1. 1 Granulometría recomendada para tráfico con un IMS menor a 50 vehículos

TAMIZ O MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
2"	100
1"	50-80
Malla N°4	20-50
Malla N°200	4-12

FUENTE: Trisolini, E. (2009). Manual práctico de mejoramiento de caminos vecinales y construcción de pequeños puentes (25m.). Lima: Fondo Perú - Alemania, deuda por el desarrollo.

El índice de plasticidad que este material afirmado debe de mantener es de un valor entre 4 a 9.

El afirmado puede ser usado en dos tipos de capas, en la superficie de rodadura o en la capa inferior. Al ser usado como superficie de rodadura, se recomienda que mantenga un espesor de 10 cm y cuando se usa como capa inferior, este se encarga de reemplazar la materia inadecuada de la sub rasante. (Trisolini, 2009)

1.3.1.8.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO DE LA SUBRASANTE

Cuando se quiere hacer uso de este material afirmado para la elaboración de sub rasante, se recomienda realizar los siguientes ensayos: granulometría, límites de Atterberg, humedad natural, clasificación SUCS y ensayos CBR. Siendo los estudios realizados, hasta una profundidad de 0.45 m y obteniéndose muestras cada 500 m. Se recomienda llegar a un valor de CBR del 95% para garantizar una resistencia del suelo suficiente. (Trisolini, 2009)

La categoría de la sub rasante puede ser medida dependiendo a la resistencia del suelo (CBR), siendo aquella sub rasante considerada como pobre cuando alcanza un CBR menor a 3% y una muy buena, cuando alcanza un CBR mayor al 20%.

Tabla 1. 2 Categorías de la sub rasante

CATEGORÍA	REFERENCIA	CBR (%)
S0	MUY POBRE	<3
S1	POBRE	3 – 5
S2	REGULAR	6 – 10
S3	BUENA	11 – 19
S4	MUY BUENA	20

FUENTE: Trisolini, E. (2009). Manual práctico de mejoramiento de caminos vecinales y construcción de pequeños puentes (25m.). Lima: Fondo Perú - Alemania, deuda por el desarrollo.

Otra de las características que debería de cumplir este suelo, son las expuestas en el anexo siguiente:

Anexo 1. Tabla 1. 1 Características de los suelos como sub rasante

1.3.1.9 MAQUINARIA EMPLEADA Y PRODUCTIVIDAD

1.3.1.9.1 COSTOS DE POSESIÓN Y OPERACIÓN

Cuando se habla de productividad de equipos, estamos hablando de equiparar el rendimiento que puede llegar a tener una máquina y el costo mínimo posible por metro cúbico de material extraído. Para ello es que existen manuales de las máquinas CAT que se basan en varios principios, por ejemplo:

Costos por hora de mantenimiento y reparación.

Costos por mano de obra y combustible a emplear.

La importancia que pueda tener una máquina con respecto a otra, depende del trabajo que se esté realizando y de la disponibilidad de la misma.

El cálculo de los costos de posesión busca proteger la inversión del comprador de la maquinaria con el fin de recuperar el monto pagado por la máquina durante la vida útil de la misma. El fin de este es el de compensar los gastos que se pueden llegar a tener por la posesión del equipo. Con el fin de recuperar esto, las tendencias actuales hacen que los dueños de la maquinaria hagan uso de esta, así haya pasado su periodo de vida útil, originando gastos en mantenimiento y reparación. Sin embargo, es posible estimar el periodo de trabajo que se espera usar la máquina para así poder determinar la productividad necesaria que debe de tener este equipo. La estimación de esta depende de los periodos de depreciación, los costos de posesión, los costos de operación y no sólo de la vida útil que puede llegar a tener el equipo. (Caterpillar, 2014)

1.3.1.9.1.1 PRECIO DE ENTREGA AL CLIENTE

El precio de entrega al cliente se ve influenciado por el costo de preparación, transporte y cualquier otro gasto adicional que involucre la instalación de la máquina a utilizar. Cuando se hace uso de algún tipo de máquina que tenga ruedas de caucho, se recomienda que el costo del desgaste de los neumáticos sea deducido del valor de entrega de la máquina. (Caterpillar, 2014)

1.3.1.9.1.2 VALOR RESIDUAL AL REEMPLAZO Y VALOR A RECUPERAR MEDIANTE TRABAJO

Como se mencionó anteriormente, la realidad de la economía actual y la falsa creencia de depreciar la maquinaria comprada hasta un valor de cero, ha dejado en el olvido una opción fundamental para reducir el valor del costo de depreciación de la máquina. Debido a que se hace uso del monto de reventa, es que puede ser usado como moneda de recambio o valor de adelanto que hará que la adquisición de nueva maquinaria sea menor. Este valor de reventa o adelanto depende de varios factores, como lo son: la edad de la máquina, cantidad de horas de servicio de la máquina, el tipo de trabajos que se ha realizado con la misma y las condiciones de operación en las que fue usada la máquina. (Caterpillar, 2014)

El valor a recuperar mediante trabajo se determina por la diferencia entre el precio de entrega al cliente y el valor residual, que en fin y al cabo vendrían a ser el precio de

venta y el precio entregable del cliente para reducir el costo total de la máquina a adquirir. (Caterpillar, 2014)

1.3.1.9.1.3 INTERÉS, SEGURO E IMPUESTOS

El interés es el monto que se le suele aplicar a la inversión realizada por la adquisición de la máquina. Explicado de otra forma, si es que se va a hacer uso de la máquina por un periodo de 2 años, es que se tiene que calcular la inversión realizada por ese periodo, añadiendo el interés por ese periodo de tiempo, el cual puede ser compuesto o simple. Junto a ello, otro de los valores importantes a tomar en cuenta es el monto que representa el seguro y los impuestos. Debe de conocerse el monto que representan estos dos gastos con el fin de poder determinar el número de horas necesarias que debemos de usar la máquina y así poder recuperar este valor. Como ya se ha venido viendo en los ítems anteriores, cualquier gasto que involucre la máquina a usar debe de ser transformado en horas de trabajo, esto se debe a que es necesario saber cuántas horas debe de trabajar un equipo o máquina para poder recuperar el total de la inversión, después de haber cumplido con este rendimiento es que recién se puede hablar de ganancia. (Caterpillar, 2014)

1.3.1.9.1.4 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El consumo de combustible durante el periodo de explotación de cantera es un factor importante para determinar los gastos que traerá la adquisición de este. Si bien es cierto, esta determinación es empírica, se va a ver muy influenciada por el factor de carga del motor y los conocimientos que se tengan de este. Es muy raro ver que una máquina opera a un factor de carga del 100% durante todo el proceso de explotación, esto se debe a que existen factores que reducen dicho factor de carga, como lo son: el empuje de la hoja, el recorrido en retroceso del empujador, el movimiento de máquinas vacías o las maniobras que se tienen que realizar. Todos los factores mencionados anteriormente, hacen que la recomendación que se dé sea la de considerar el valor asumido por consumo de combustible con un 10 a 12% adicional. (Caterpillar, 2014)

1.3.1.9.2 MAQUINARIA EMPLEADA

La maquinaria empleada normalmente para los procesos de explotación de canteras es bastante amplio, para este estudio se ha hecho uso de dos principalmente: el cargador frontal o cargador de ruedas y la excavadora hidráulica o pala excavadora.

Los cargadores de ruedas o cargadores frontales han ido aumentando su tamaño con el pasar del tiempo y conforme la exigencia de explotación de cantera lo amerite, aumentando la capacidad de carga de los mismos. Para hablar del rendimiento o productividad de dicha máquina, debemos de hablar de un tema importante, la capacidad del cucharón, pudiendo llegar a alcanzar altos niveles de productividad. Estas máquinas pueden funcionar en múltiples frentes de trabajo, inclusive con material fluido o material anguloso por cargar. Se caracterizan por tener menores costos de posesión y operación, por estos motivos son comúnmente utilizados para la explotación de cantera. (Caterpillar, 2014)

Figura 1. 7 Cargador de rueda o cargador frontal

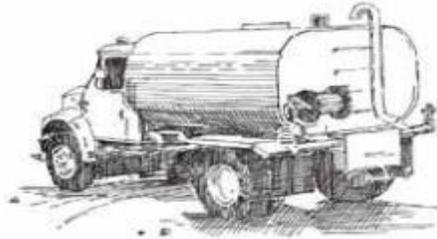


FUENTE: Caterpillar. (31 de Diciembre de 2014).
Sistemas de carga principales. Sistemas de carga
principales, Guía de selección. Barloworld
Finanzauto CAT.

Los camiones cisterna son un medio de transporte masivo de agua de forma rápida y segura. A pesar de su servicialidad, el factor importante para poder contar con este tipo de vehículos es una adecuada administración, ya que estamos hablando de vehículos bastante pesados en los que se puede llegar a necesitar la habilitación de

caminos para su tránsito. Los factores logísticos que se deben de tener en cuenta, muy parecido al de otro tipo de maquinaria son: el combustible, los conductores, las piezas de repuesto y el personal de mantenimiento. (OMS & OPS, 2014)

Figura 1. 8 Camión cisterna



FUENTE: OMS, & OPS. (2014). Suministro de agua mediante camión cisterna. Notas técnicas sobre agua, saneamiento e higiene en emergencias, 6 - 10.

El tractor oruga se caracteriza por dos aspectos principalmente: la versatilidad que tiene y la eficacia del mismo. La hoja que posee permite que pueda realizar cortes precisos y con gran potencia. Además de ello, brinda la facilidad para hacer un cambio de hojas y una serie de implementos adicionales a la misma. Este equipo se caracteriza por proporcionar un excelente nivel de eficacia en el consumo de fluidos. Es usado en la explotación de canteras para habilitar el material y que el cargador frontal pueda realizar el trabajo de carguío del mismo. (CAT, 2014)

Figura 1. 9 Tractor oruga



FUENTE: CAT. (2014). Tractor de cadenas D6T.
Tractor de cadenas D6T. CAT.

1.3.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

AFIRMADO:

El afirmado es una mezcla que consta de tres tipos de materiales: grava o piedra chancada, arena clasificada y finos plásticos. Estos tres conforman el material mencionado anteriormente. La piedra chancada se encarga de brindarle resistencia a la estructura del pavimento, la arena clasificada es la encargada de llenar los espacios vacíos y los finos plásticos son aquellos encargados de unir todos estos componentes y están conformados normalmente por arcillas y limos. (García Trisolini, 2009)

CANTERA:

Cantera es un término utilizado para referirse a la explotación de minerales no metálicos y metálicos, tales como rocas industriales, materiales de construcción y rocas ornamentales. (Herrera Herbert, 2006)

ESTRATO:

Se denomina estrato a aquel depósito de sedimentos producto de diversos agentes meteorológicos, llevados consigo a lugares más bajos, en donde puedan acumularse con el paso del tiempo. (Guerrero Arena & Bravo Cuevas, 2011)

GAVERAS SECAS:

Las graveras secas son aquellas explotaciones de estratos que se encuentran por encima del nivel freático. Estas se localizan en las terrazas de los depósitos fluviales y son excavadas hasta llegar al fondo previsto. (Herrera Herbert, 2006)

GAVERAS CON EXPLOTACIÓN BAJO LÁMINA DE AGUA:

Este tipo de explotaciones se suele caracterizar por la elevada presencia de nivel freático o de humedad al momento de realizar la explotación. Por este motivo, es que las excavaciones suelen realizarse total o parcialmente bajo el agua. (Herrera Herbert, 2006)

MÉTODO MINERO O MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:

El método minero abarca un conjunto de sistemas, procesos y máquinas. Todas estas etapas son las encargadas de realizar procesos iterativos que traen como fin la explotación de una cantera. (Herrera Herbert, 2006)

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál de las técnicas, técnica de estrato seco o técnica de estrato húmedo, mejorará la producción de afirmado en la Cantera Tres Tomas?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Evaluando el desarrollo de la investigación desde el punto de vista **económico**, el hecho de buscar una mejora en la producción de afirmado en la Cantera Tres Tomas, haciendo uso de alguna de las dos técnicas planteadas, técnica de estrato húmedo o la técnica de estrato seco, está relacionada de manera directa con el aumento de las ganancias por parte de la cantera. Si bien es cierto, la aplicación de las técnicas mencionada no sólo involucra el uso de un determinado proceso dentro de la extracción a cielo abierto convencional, sino que abarca también el tiempo de carga y

descarga de la maquinaria involucrada; además del tipo de maquinaria de la que se hará uso, hasta del mantenimiento que se le debe de dar y que debería de tener. Todos estos factores trabajan en conjunto con la técnica empleada para mejorar la producción de la cantera. Es importante la incorporación de todas estas mejoras en los procesos que tiene actualmente la cantera, debido a que los ingresos que puede generar, en comparación a los que se generan actualmente, tomando en cuenta que la mayoría de trabajos realmente no corresponde a un diseño adecuado de extracción o que el mantenimiento de los equipos y maquinaria usado, realmente no forma parte de la proyección de la empresa. Considerando todos estos factores, que llegan a ser una desventaja para la cantera, en cuestiones de tiempo y dinero, es que se puede llegar a generar una mayor cantidad de ingresos, tan parecidos a los que se generó en la cantera de piedra caliza, ubicada en Puno y sustentado por Demetrio Piérola Vera en el 2015, pudiendo llegar hasta el 200% de mejora en los ingresos y por ende una mejora en la productividad.

La cantera Inproconsa, que es la que será estudiada en este trabajo de investigación, tiene ventas considerables, debido a la calidad de material que tiene. Al ya tener el antecedente de que se puede mejorar la productividad hasta el 200%, se puede deducir que con la frecuencia de ventas que llega a tener esta, las ganancias se podrían duplicar. Sólo basta con ver algunas de las obras para las que ha participado esta concesionaria para poder deducir la cantidad de dinero que se ha perdido aplicando los métodos de explotación convencionales y no probar con nuevas formas de extracción de minerales no metálicos, que podrían aumentar las ganancias obtenidas antes de que el estrato sea explotado en su totalidad.

Tabla 1. 3 Ventas de la cantera Inproconsa

RAZON SOCIAL	OBRA	VOLUMEN / MATERIAL
PROVIAS NACIONAL	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACION VIAL	20,180.00 M3 AFIRMADO
DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL	PLANTA CHANCADO	38,925.99 M3 OVER
DIRECCION REG.TRANSP. Y COMUNICACIONES	CARRETERA PATAPO - PUCALA	13,635.00 M3 AFIRMADO
GOBIERNO REGIONAL	MEJORAMIENTO VIAS - LAMBAYEQUE	21,257.00 M3 AFIRMADO
GOBIERNO REGIONAL	CARRETERA SANTA RORA - MONSEFU	15,015.00 M3 AFIRMADO
INPROCONSA	ESPIGONES EN RIO REQUE ETAPA 1,2 Y 3	8,000.00 M3 OVER
ORTIZ LOSSIO	CEDE FERREYROS	20,000.00 M3 AFIRMADO
CONSORCIO LOS PINOS (COND. LOS PINOS DE LA PLATA)	AFIRMADO PARA CIMENTACION , VIAS INTERNAS,EXTERNAS Y ESTACIONAMIENTO AL 100%	15,000.00 M3 AFIRMADO

FUENTE: Elaboración propia

Desde el punto de vista **ambiental**, la investigación tiene mucho que aportar, más aún si tomamos en cuenta el grado de contaminación que genera la aplicación de la técnica actual en la mayoría de canteras, que consta en la extracción a cielo abierto de minerales no metálicos, el cual genera una cantidad de particulados que afecta al medio que lo rodea, tanto flora como fauna. La segunda técnica planteada toma como medida de mitigación ante este impacto ambiental, el verter agua sobre la zona de extracción con el fin de controlar la producción de particulados y por ende, afectar lo menos posible el medio natural que lo rodea.

Una mejor producción de la maquinaria permitirá no sólo aumentos en cuanto a ganancia se refiere, sino también a una mejor producción en una menor cantidad de tiempo de trabajo. Además de ello, toda la maquinaria debe de mantenerse en perfecto estado para que no sea un factor que reduzca esta producción. Como consecuencia de ello, es que la polución a la atmósfera será menor, pues se mejora el rendimiento de cada una de las máquinas empleadas en el proceso.

Lo mencionado anteriormente será complementado por un estudio de impacto ambiental, que a priori se puede suponer que recomendará verter agua a los procesos de extracción que se generan actualmente, lo cual convertirá los procesos que se realizan actualmente en uno parecido a lo que planteamos inicialmente, técnica de estrato húmedo.

El aspecto **social** es justificado por la generación de empleo que cualquier mejora en los procesos conlleva. Ahora ya no solo se hará uso de personal que se encargue de operar, sino que se tendrá que considerar, de manera casi obligatoria, una mayor cantidad de personal de control de proceso y personal técnico que se encargue de diseñar todos estos procesos, si es que se da el caso de no contar con estos actualmente.

Al hacer uso de las medidas de mitigación recomendadas por la evaluación de impacto ambiental, es que se mejora la calidad del ambiente de trabajo de cada uno de los recursos humanos, salvaguardando la salud en el trabajo, pues la generación de particulados puede traer consecuencias nocivas en la salud de los mismos.

Desde el punto de vista **técnico**, al hacer uso de una técnica de extracción en específico, hace que la empresa o cantera se vea obligada a tomar las medidas necesarias para poder guiar el desarrollo de las actividades a cumplir con dicha técnica. Esto es beneficioso, pues si analizamos la forma de trabajar de casi todas las canteras en la región, vamos a encontrar varias irregularidades, incumplimientos en la seguridad del trabajador, entre otras cosas que no contribuyen con la producción. Algunas de las medidas que se deberían de tomar al aplicar cualquiera de las dos técnicas planteadas, sería una mejora en las medidas de control, pues se tendrá que conocer específicamente cuál es el rendimiento de las maquinarias, de cada trabajador, la producción exacta, hasta tener un control riguroso en las fechas de mantenimiento y reparaciones que tienen los equipos o maquinarias. Todas estas medidas de control son las que deberán de ser tomadas en cuenta si es que se quiere tener una mejora controlada en la producción y por ende un aumento en la productividad de la cantera.

Basándonos en las justificaciones expuestas anteriormente, es que el empleo de alguna de las dos técnicas de extracción de afirmado planteadas en el título de la investigación, es de suma importancia como una mejora para la misma cantera, trayendo consigo beneficios técnicos, económicos e inclusive reduciendo el nivel de impacto ambiental que pueda estar generando con sus procesos actuales.

1.6 HIPÓTESIS

La producción de afirmado en la cantera Tres Tomas mejorará haciendo uso de la técnica de estrato húmedo o la técnica de estrato seco.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar los costos de producción de afirmado de la cantera Tres Tomas con la técnica de estrato húmedo y seco.

1.7.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar la forma de explotación de acuerdo a la altura del estrato.

Identificar el equipo para la explotación de la cantera.

Dosificar la cantidad de agua en el estrato para la explotación.

Realizar los análisis correspondientes para asegurar la calidad del material.

Controlar la productividad en base a los ciclos de producción de los equipos y los costos operativos de explotación.

II MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, debido a que las mediciones o comprobaciones realizadas no cambiarán la realidad o alguna teoría que ya ha sido descubierta antes. Por el contrario, se hará uso de teorías ya pre establecido para poder desarrollar los objetivos específicos planteados. Aparte de esto, la postura que ha sido tomada por el investigador es neutral, ya que los resultados que se obtenga no tendrán tendencias o creencias propias que afecten la dirección que se le quiere dar a la investigación. Por este motivo, es que los resultados obtenidos en esta investigación serán comparados con estudios previos y realizar la evaluación respectiva. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

El tipo de diseño del que se hará uso en este trabajo de investigación es el experimental. Esto se debe a que será necesario cumplir cada uno de los objetivos específicos, con el fin de obtener como resultado, el logro del objetivo general. Así mismo, es que la misma tendencia se sigue con las variables. Las variables que podremos encontrar en este tipo de diseño son de tres tipos: las variables independientes, variables dependientes y variables intervinientes. Este trabajo nos permitirá manipular las variables independientes y debido a esto es que las variables dependientes serán modificadas, pudiendo así alcanzar el logro de nuestros objetivos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

Las variables consideradas, como se mencionó anteriormente, fueron de dos tipos: variables dependientes y variables independientes. Las variables dependientes consideradas en este trabajo de investigación son dos: propiedades del suelo y análisis de costos. La variable independiente que modifica las propiedades físicas del suelo y cambia el análisis de costos, es el método de extracción de afirmado.

De acuerdo al fin que se persigue, es que podemos decir que esta investigación es de tipo aplicada. Esto se debe a que no se pretende crear o descubrir una nueva teoría, sino que se hará uso de teorías o conocimientos ya definidos con anterioridad, para

poder darle solución al problema por el cual nació esta tesis. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

2.2.1. VARIABLES

Las variables empleadas en este trabajo de investigación son de dos tipos: variables dependientes y variables independientes.

Variables dependientes

Propiedades del suelo: las técnicas que se emplearán sirven para aumentar y facilitar la explotación del suelo. Esto se debe a que se modificarás las propiedades del suelo a conveniencia propia para obtener resultados favorables. Por ejemplo, la técnica del método con estrato húmedo pretende aumentar la humedad del suelo con el fin de que este sea más manejable, sin llegar a convertirse en barro. Caso contrario sucede con el método del estrato seco, que no modifica las propiedades del suelo.

Análisis de costos: el costo de explotación de la cantera se ve influenciado por el método que se utilice. Según la hipótesis planteada, el método del estrato seco encarecerá la extracción, por el contrario el método del estrato húmedo hará más eficiente la extracción y por ende reducirá los costos de la misma.

Variables independientes

La variable independiente es el método del que se hará uso, pudiendo ser: método del estrato seco o método del estrato húmedo.

2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 2. 1 Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	ÍNDICE
MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL AFIRMADO EN CANTERA (MÉTODO CON ESTRATO SECO Y MÉTODO CON ESTRATO HÚMEDO)	PROPIEDADES DEL SUELO	ENSAYOS	Resistencia de abrasión (AASHTO-T-96)	Norma AASHTO – T – 96	% de desgaste
			Límites de Attemberg	NTP 339.129	índice de plasticidad
			Proctor modificado	AASHTO T 99 D	gr/cm3
			Equivalente de arena (ASTM - D2419)	ASTM – D2419 y AASHTO T 176 – 00	%
			Ensayo california Bearing Ratio (CBR)	ASTM D-1883, AASHTO T - 193	%
			Análisis granulométrico por tamizado	NTP 339.128.	%
	ESTUDIO	Morfología del suelo	Topografía	coordenadas y cotas	
	ANÁLISIS DE COSTOS	RENDIMIENTO	Producción de afirmado con el	Microsoft Excel	Soles S/.

FUENTE: Elaboración propia

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población que se ha tomado como referencia en este estudio son los suelos de la cantera Tres Tomas; sin embargo, se ha creído conveniente en centrarse en una zona en específico, ya que al tener un área bastante grande, los diferentes tipos de suelo pueden afectar los resultados en el presente trabajo de investigación, considerando como muestra a los suelos de la cantera Inproconsa, la que forma parte de la zona de explotación mencionada anteriormente. Para comprobar la calidad de los suelos, es que se optó por realizar diversos ensayos al suelo, con el fin de comprobar las propiedades del suelo y verificar que la zona escogida tenga adecuadas propiedades para su empleo en carpetas de sub base, base, rasante o afirmado para su uso en pavimentación.

El tipo de muestra que será empleada para esta investigación es una muestra no probabilística con un muestreo de casos tipo. Se dice que es una muestra no probabilística porque la elección de las muestras no depende de la probabilidad, sino que el investigador es libre de escoger la cantidad de muestras y las causas por las que las escoge, debido a que debe de buscar que guarde relación con las características de la investigación; por esto es que no hace falta el uso de fórmulas para determinar la muestra. El muestreo tipo casos tipo es una forma de muestra no probabilística, que permitirá interpretar los resultados obtenidos, como la producción de afirmado de la cantera o el costo de extracción del mismo, así como la eficiencia de los métodos empleados. Por este motivo, es que la calidad de los resultados es sumamente importante, pues la interpretación depende de la precisión de los resultados que se pueda obtener. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(1) DEFINICIÓN

La granulometría consiste en un ensayo que permite distribuir las partículas según su tamaño.

(2) NORMATIVA

La norma aplicar este ensayo fue la NTP 339.128.

(3) OBJETIVO

El objetivo de este ensayo es el de separar las partículas que conforman el suelo, de acuerdo a su tamaño.

(4) INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

El material y el equipo usado para este ensayo es el siguiente:

Un juego de mallas (comúnmente se utilizan: 3", 2", 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°04, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y la Charola).

Un cucharón.

Una balanza con aproximación a 0.1gr.

Unas charolas rectangulares de 40 * 60cm.

Una espátula y vidrio de reloj.

Un partidor de muestras o cuarteador.

La malla N°200, para el lavado del suelo que pasó la malla N°4.

Un alambrón de 5mm de diámetro, con punta redondeada.

Un horno o estufa.

Unas charolas de aluminio.

Un vaso de aluminio.

Agua.

El suelo en estudio.

(5) PROCEDIMIENTO

El procedimiento que se debe seguir es el descrito a continuación:

Primero, el suelo debe de ser secado al sol para ser disgregado y cuarteado. De esta se debe de obtener una muestra representativa que debe de ser pesada y registrada.

Segundo, se procede a tamizar el material por las mallas correspondientes.

Tercero, el peso del material retenido en cada una de las mallas debe de ser registrada.

Cuarto, el proceso mencionado anteriormente debe de ser realizado hasta llegar al tamiz N°04, El suelo que pase este tamiz debe de ser pasado por el partidor hasta llegar a pesar una muestra representativa de 500 a 1000 gr.

Quinto, la muestra recolectada anteriormente debe de ser metida al horno y secada en su totalidad, se espera a que se enfríe y se recolecta una muestra de 200 gramos, la que será vaciada en una vaso de aluminio, el que debe de ser llenado con agua, con esto se procede a lavar el suelo, si es que este presenta grumos se debe de dejar saturar por 24 horas.

Sexto, el lavado del suelo consiste en agitar el suelo haciendo uso de alambón con punta redondeada, formando una figura en “ocho” durante 15 segundos.

Séptimo, se vacía el líquido a la malla N°200 con el fin de eliminar los finos, posterior a ello es que se vierte más agua al vaso y se agita de la forma anteriormente descrita.

Octavo, cuando en la malla se acumule demasiado material (arena), se vuelve a vaciar al vaso y se vierte agua sobre el reverso de la malla, cuidando que no se pierda material. Este proceso es realizado hasta que el agua salga limpia o casi limpia.

Noveno, el suelo es secado al horno, dejado enfriar y después pasado por la malla N°08 hasta N°200.

Décimo, se procede a pesar el material retenido en cada malla.

(6) CÁLCULO

Luego de haber registrado los datos de los pesos del material retenido en cada malla, es que se procede a realizar el siguiente cálculo:

Fórmula 2. 1 Fórmula para obtener el porcentaje del peso retenido en una determinada malla

$$P = \frac{W_r}{W_s} \times 100\%$$

FUENTE: Norma NTP 339.128.

Dónde:

W_r = peso retenido

W_s = peso seco de la muestra

Luego de este cálculo, se procede a determinar el porcentaje de material que pasa por cada malla, restando el porcentaje que pasa por una malla anterior con el porcentaje retenido en la malla donde se hace el cálculo.

2.4.2. LÍMITES DE ATTEMBERG (LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO)

(1) DEFINICIÓN

La plasticidad de los suelos es una propiedad para la cual se han definido muchos criterios de evaluación y determinación, uno de ellos es el criterio de Attemberg, que estableció que la plasticidad no es una propiedad permanente de los suelos, sino que depende del contenido de agua o de las circunstancias en las que se encuentre el mismo. Según su criterio, los suelos podrían encontrarse dentro de cinco estados: el estado líquido, semilíquido, plástico, semisólido o sólido. El estado líquido se

caracteriza porque la apariencia del suelo es una suspensión, el estado semilíquido se caracteriza porque es un fluido viscoso, el estado plástico por comportarse de manera plástica, el estado semisólido por tener una apariencia que tiende a la solidez y el estado sólido, porque el volumen del suelo no llega a variar cuando está seco a cuando está húmedo. Los estados mencionados anteriormente no tienen un límite definido, sino que dependen mucho de lo convencional. Para este caso, dependen mucho de los Límites establecidos por Atterberg, que son el límite líquido y el límite plástico, el primero es la frontera entre el estado semilíquido y el plástico; el segundo es la frontera entre el estado semisólido y el plástico.

(2) NORMATIVA

La norma empleada es la NTP 339.129 y fue empleada para analizar las propiedades del suelo.

(3) OBJETIVO DEL ENSAYO

Determinar los límites líquido y plástico, así como el índice de plasticidad.

(4) INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

El equipo y material usado para realizar el ensayo es el siguiente:

Copa de Casagrande.

Un ranurador laminar o ranurador curvo.

Una cápsula de porcelana.

Una espátula.

Unas charolas de aluminio o vidrio de reloj.

Malla N°40.

Un horno con temperatura constante de 105°C.

Una balanza con aproximación de 0.01 gramos.

Un molde para contracción lineal.

Un calibrador Vernier.

Una placa de vidrio.

Un alambre con un diámetro de 3.2 mm.

Una pipeta.

Una franela.

Agua.

Papel absorbente.

(5) PROCEDIMIENTO

El procedimiento que se plantea seguir es el mencionado a continuación:

Primero, el suelo debe de ser cribado por la malla N°40, para luego ser vaciado en una cápsula de porcelana y humedecido 24 horas antes de las determinaciones respectivas.

Segundo, las charolas de aluminio que se pretenden usar son 6 y deben de ser pesadas, 4 para LL y 2 para LP.

Tercero, en el caso del **límite líquido**, el suelo es mezclado en la cápsula de porcelana, hasta que esta mezcla sea manejable, para luego ser colocada en la copa de Casagrande. Después de que el material ha sido colocado, se debe de distribuir el material hacia los extremos, de tal manera que quede una superficie libre en el centro de la misma.

Cuatro, con la ayuda del ranurador, se debe de hacer una ranura en la parte media de la copa de Casagrande, que sea perpendicular a la misma.

Quinto, se procede con darle los golpes respectivos a la copa, manteniendo una frecuencia de 2 golpes por segundo, hasta que los taludes se unan en una longitud de 13 mm. Estos golpes deben de ser contados y registrados, y se debe de procurar que dicha unión del material se encuentre entre una cantidad de golpes respectivos, una entre 30 y 40 golpes, otro entre 20 y 30 golpes, otra entre 10 y 20 golpes, y otra entre

4 y 10 golpes. Esto se recomienda con el fin de que los puntos queden separados unos de otros y así se pueda generar con claridad una curva de fluidez. En cada uno de estos ensayos, se debe de tomar la muestra del centro de la copa, el cual debe de ser pesado y anotado como tara + suelo húmedo.

Sexto, estas muestras deben de ser introducidas al horno para determinar el contenido de humedad de cada una de ellas.

Por último, cuando el suelo llegue a una humedad correspondiente al Límite líquido (LL), cuando el ensayo llega a comprender entre el golpe 20 y 30, se llena el molde rectangular en tres capas, dándole la cantidad de golpes necesaria, con el fin de extraer el aire atrapado para después enrasarlo, se limpiará exteriormente con una franela y se pesará, anotándolo como peso del molde + suelo húmedo.

Para determinar el **limite plástico (LP)**

Primero, de la muestra menos húmeda pero moldeable se hará una esfera con 1.5 cm de diámetro.

Segundo, esta esfera debe de ser girada en la palma de la mano o sobre una placa de vidrio para tratar de formar un cilindro de 3.2 mm de diámetro.

Tercero, si este cilindro formado presentar múltiples agrietamiento, es que se puede decir que estamos ante el límite plástico, donde se obtendrán las muestras de suelo y serán sometidas al secado respectivo para determinar el contenido de agua, el cual equivale al LP.

Finalmente, si no se llega a cumplir lo establecido anteriormente, es que se deberá de realizar el procedimiento tantas veces sea necesaria hasta llegar a la condición anterior, modificando el contenido de agua respectivo.

(6) CÁLCULO

El cálculo que se debe de seguir es el siguiente:

Para el límite líquido, las muestras deberán de ser sacadas del horno, dejadas enfriar y pesadas, registrando los valores de tara + suelo seco. Con estos resultados se obtendrán cuatro puntos en la gráfica: número de golpes contra contenido de agua, de ahí es que se formará la curva de fluidez, se debe de trazar una línea con la horizontal en el golpe 25, para poder obtener el contenido de humedad, el que corresponde al límite líquido.

Para el límite plástico, se procede a obtener el contenido de agua correspondiente con las dos muestras que deberán de ser ensayadas, si la diferencia entre estos dos resultados no supera el 2%, entonces el resultado será tomado, caso contrario, el ensayo deberá de ser repetido. El promedio es el resultado del límite plástico.

Para obtener el **índice de plasticidad** se debe de restar el LL - LP-

Fórmula 2. 2 Fórmula para
obtener el contenido de
humedad a 15, 25 y 35
golpes en el límite líquido

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

FUENTE: NTP 339.129

Ww= Peso de la muestra húmeda

Ws= Peso de la muestra seca

Fórmula 2. 3 Fórmula para
obtener el contenido de
humedad para el límite
plástico.

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

FUENTE: NTP 339.129

Ww= Peso de la muestra húmeda

Ws= Peso de la muestra seca

Fórmula 2. 4 Fórmula
para determinar el índice
de plasticidad

$$IP = LL - LP$$

FUENTE: NTP 339.129

LL= Límite Líquido

LP= Límite Plástico

2.4.3. EQUIVALENTE DE ARENA

(1) DEFINICIÓN

Este método es un procedimiento rápido para determinar las proporciones relativas de finos plásticos o arcillosos en los áridos que pasan por el tamiz N°04.

(2) NORMATIVA

El ensayo está basado en la norma ASTM – D2419 y AASHTO T 176 - 00.

(3) OBJETIVO DEL ENSAYO

Determinar las proporciones relativas de finos plásticos o arcillosos en los áridos que pasan por el tamiz N°04.

(4) INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Probeta graduada de 30 +/- 1 mm de diámetro interior y aproximadamente 400 mm de alto, con graduación milimétrica hasta una altura de 380 mm y provisto con un tapón hermético de caucho.

Pisón compuesto por una varilla de bronce de 6 mm de diámetro y 450 mm de largo con hilo en ambos extremos, un pie de bronce troncocónico con 25 mm de diámetro basal y 20 mm de altura con perforación central con hilo conectado a la varilla, un par de guías que mantengan centrada la varilla al eje de la probeta, una sobrecarga cilíndrica de acero laminado en frío de 50 mm de diámetro y 53 mm de alto con perforación central con hilo para conectarla a la varilla.

Sifón compuesto por una botella con un volumen de 4 lt, una tubería de entrada de aire que penetra el interior de la botella, una tubería de irrigación que penetre hasta 20 mm del fondo de la botella y que cuente con una manguera que regule el flujo de la solución y que alcance una longitud de 1.5 m, y un tubo irrigador conectado al extremo exterior de la tubería de irrigación de acero.

Un recipiente con 85 +/- 5 ml de capacidad.

Tamiz N°04

Recipiente con capacidad igual o mayor a 4 lt

Un agitador mecánico con desplazamiento horizontal de 200 +/- 2 mm y una velocidad de agitación de 175 +/- 2 ciclos/ min.

Los reactivos de los que se harán uso son los siguientes: 240 gr de cloruro de calcio, 1 985 gr de glicerina farmacéutica y 25 gramos de formaldehído.

(5) PROCEDIMIENTO

El procedimiento que se plantea seguir es el mencionado a continuación:

Primero, colocar la botella del sifón con la solución del ensayo a aproximadamente 1 m sobre la superficie de trabajo.

Segundo, sifonear la solución del ensayo en una probeta hasta alcanzar un nivel de 100 ± 5 mm.

Tercero, el material debe de ser cuarteado, de tal manera que sea suficiente para llenar una medida. El material colocado sobre la medida debe de ser acomodado golpeando el fondo contra la mesa de trabajo a lo menos 4 veces, enrase y vierta en la probeta.

Cuarto, dejar la probeta en reposo por un periodo aproximado de 10 minutos.

Quinto, colocar el tapón y soltar la arena del fondo inclinando y sacudiendo el tubo. Posterior a ello, se debe de agitar la probeta y su contenido con uno de los siguientes procedimientos mencionados a continuación:

Agitación manual sujetando la probeta en posición horizontal y agitando esta con un desplazamiento de 230 ± 25 mm. La cantidad de ciclos que se debe de realizar con 90 en aproximadamente 30 segundos.

Agitación mecánica, fijando la probeta en el agitador mecánico y agitando durante un periodo de 45 ± 1 segundo.

Sexto, limpiar la pared de la probeta con agua introduciendo un irrigador hasta el fondo de la misma para remover todo el material. El irrigador debe de ser retirado de tal forma que el flujo de la solución final llegue a 380 mm.

Séptimo, dejar sedimentar la mezcla por un periodo de 20 minutos con ± 15 segundos.

Octavo, al final del periodo de sedimentación se debe de registrar el nivel superior de la arcilla (N_t). Además, se debe de registrar el nivel de arena (N_a) descendiendo el pistón hasta que este quede apoyado en la arena.

Como proceso final, se debe de calcular el equivalente de arena con una aproximación al 1%. Se recomienda que este ensayo sea realizado de manera paralela con el fin de realizar un promedio aritmético de ambas muestras y la diferencia entre ambos resultados no debe de ser mayor a 1%.

(6) CÁLCULO

La expresión de los resultados debe de ser de la siguiente manera:

Fórmula 2. 5 Fórmula para
calcular el equivalente de

$$EA (\%) = \frac{\text{arena } Na}{Nt} * 100$$

FUENTE: Norma ASTM –
D2419 y AASHTO T 176 –
00

EA = Equivalente de arena (%)

Na = Nivel superior de la arena (mm)

Nt = Nivel superior de la arcilla (mm)

2.4.4. RESISTENCIA DE ABRASIÓN (AASHTO-T-96)

(1) DEFINICIÓN

Una de las propiedades físicas fundamentales de los agregados gruesos, es el ensayo de resistencia a la abrasión o desgaste. Este tipo de ensayos permite medir de forma indirecta la tenacidad de los materiales, producto de su forma irregular y de las tensiones internas que traen como consecuencia las sollicitaciones a las que se ven sometidos o las condiciones ambientales en las que se pueden llegar a encontrar.

(2) NORMATIVA

El ensayo se ha basado en la norma AASHTO-T-96 (Resistencia a la degradación del agregado grueso de pequeño tamaño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.

(3) OBJETIVO DEL ENSAYO

Determinar la resistencia al desgaste de los materiales pétreos con diámetro mayor a 2.5 mm con densidad neta entre 2 000 y 3 000 kg/m³, mediante la máquina de los Ángeles.

(4) INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Balanza con una precisión de 0.1%.

Horno que mantenga una temperatura uniforme de 110°+5°C

Máquina de los ángeles.

Carga abrasiva conformada por esferas de acero con un diámetro aproximado de 46.8 mm y una masa entre 390 gr y 445 gr.

Tabla 2. 2 Carga abrasiva

Granulometría de ensayo	Número de esferas	Masa Total g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

FUENTE: Norma AASHTO – T - 96

(5) PROCEDIMIENTO

El procedimiento que se plantea seguir es el mencionado a continuación:

Primero, se debe de comprobar que el tambor de la máquina de los ángeles esté limpio.

Segundo, la muestra se debe de lavar y dejar secar en el horno a una temperatura constante, comprendida entre 110 +- 5°C.

Tercero, se debe de escoger la gradación más parecida al agregado que será usado en obra. La muestra tendrá que ser separada en las fracciones que se indican en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 2. 3 Granulometría de la muestra de agregado para ensayo

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Masa de la muestra para ensayo (g) Granulometrías			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37.5	(1½")	25.0	(1")	1250 ± 25	...	...	...
25.0	(1")	19.0	(¾")	1250 ± 25	...	...	...
19.0	(¾")	12.5	(½")	1250 ± 10	2500 ± 10	...	...
12.5	(½")	9.5	(3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	...	...
9.5	(3/8")	6.3	(¼")	...	...	2500 ± 10	...
6.3	(¼")	4.75	(No.4)	...	...	2500 ± 10	...
4.75	(No.4)	2.36	(No.8)	...	...	...	5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

FUENTE: Norma AASHTO – T – 96

Cuarto, en base a los resultados del procedimiento número tres, es que se debe de seleccionar la carga abrasiva correspondiente, la que depende de la masa de la muestra obtenida para el ensayo de granulometría. Esta carga abrasiva es colocada junto con la muestra en el tambor que debe de girar con una velocidad comprendida entre 188 y 208 rad/ min o hasta llegar a dar 500 revoluciones.

Quinto, una vez haya llegado a la cantidad de revoluciones correspondientes, se procede con la separación preliminar de la muestra ensayada, para lo cual se hará uso de un tamiz con una abertura mayor a 1.70 mm. La fracción fina que llega a pasar, es tamizada por el tamiz No 12. El material más grueso a este tamiz, debe de ser lavado y dejado secar en el horno a una temperatura constante de 110 +- 5°C y después de ello, su masa deberá de ser determinada con una precisión de hasta 1 gramo.

Para finalizar, en el caso de que haya quedado polvo después del ensayo, este podría ser eliminado ya que sólo llega a representar el 0.2% del peso de la muestra en general. Sin embargo, para cuestiones de arbitraje, es necesario adicionar este peso.

(6) CÁLCULO

La expresión de los resultados debe de ser de la siguiente manera:

El resultado del ensayo de los ángeles se obtiene de la resta entre la masa original y la masa final de la muestra, expresada como tanto por ciento de la masa original. Dicho resultado es definido como % de desgaste.

Fórmula 2. 6 % de desgaste

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

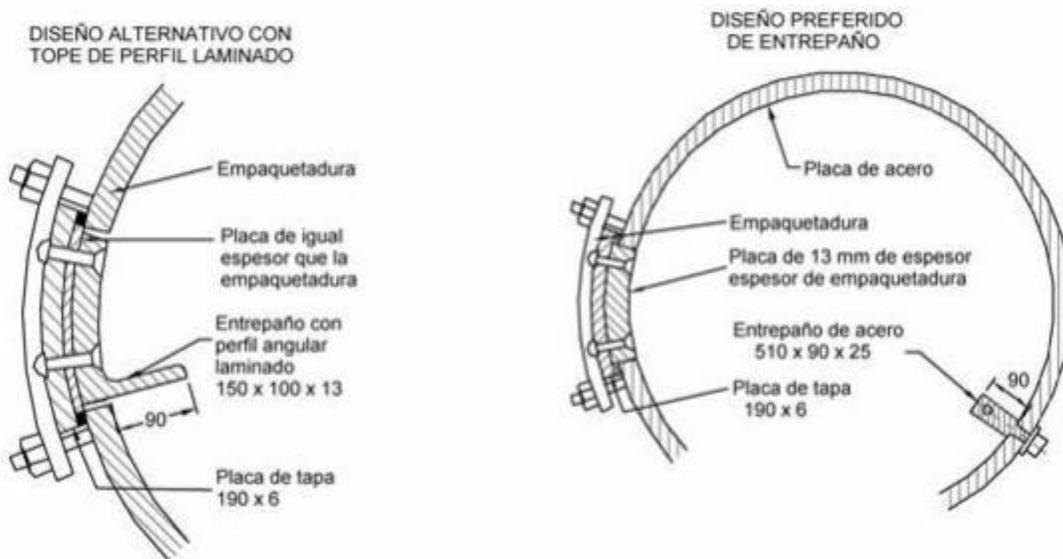
FUENTE: Norma AASHTO – T – 96

P1 = Masa de la muestra seca antes del ensayo

P2 = Masa de la muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz N°12

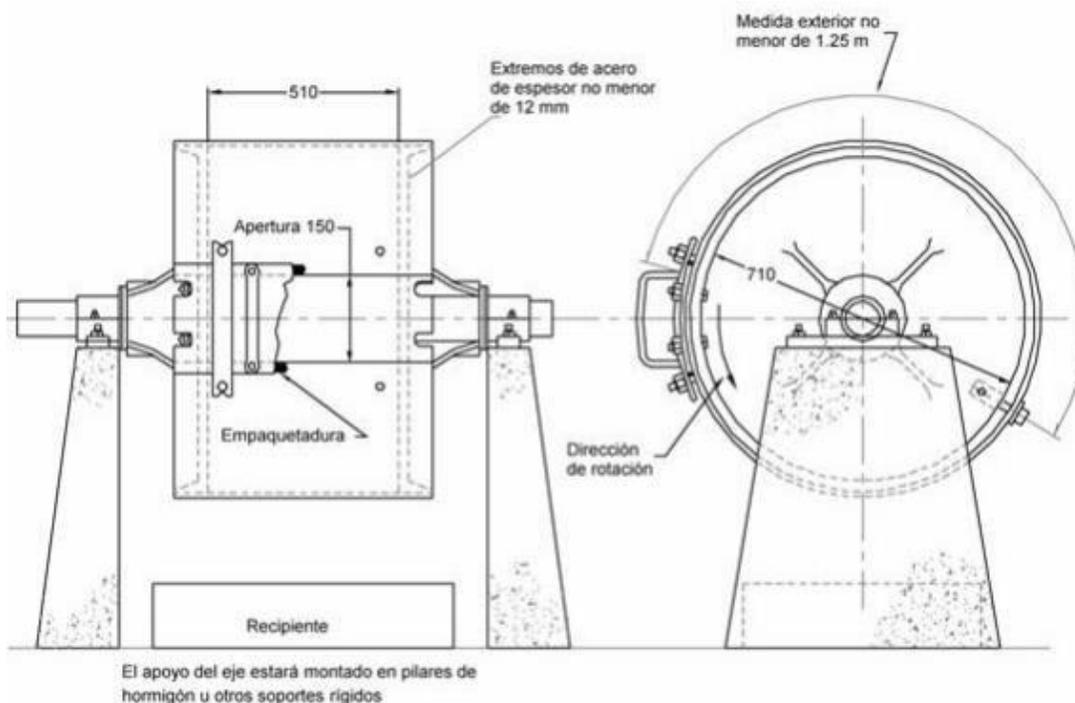
(7) FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO

Imagen 2. 1 Máquina del ensayo de abrasión Los Ángeles parte 1



FUENTE: Norma AASHTO – T – 96

Imagen 2. 2 Máquina del ensayo de abrasión Los Ángeles parte 2



FUENTE: Norma AASHTO – T – 96

2.4.5. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

(1) DEFINICIÓN

Este ensayo se encarga de medir el índice de resistencia del suelo a evaluar, es empleado comúnmente para evaluar esta característica de los suelos de subrasante, de las capas de base, sub base o de afirmado.

(2) NORMATIVA

Las normas empleadas son ASTM D-1883, AASHTO T - 193

(3) OBJETIVO DEL ENSAYO

Determinar el índice de resistencia de los suelos conocido también como capacidad de soporte.

(4) INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Los aparatos empleados para este ensayo son:

Prensa similar a las usadas en los ensayos de compresión, con el fin de forzar la penetración de un pistón en el espécimen.

El desplazamiento entre la base y el cabezal debe poder ser regulado a una velocidad constante de 1.27 mm.

Molde de metal cilíndrico con 153.4 + - 0.66 mm de diámetro interior y 177.8 + - 0.46 mm de altura.

Disco espaciador de metal con 150.8 mm de diámetro exterior y 61.37 + - 0.127 mm de espesor.

Pisón de compactación

Aparato medidor de expansión compuesto por: una placa de metal perforada, un trípode y unas pesas, con medidas establecidas en las normas mencionadas anteriormente.

Pistón de penetración con medidas establecidas en norma con una longitud capaz de garantizar la penetración con las sobrecargas precisas, no menor a 4".

Dos diales con un recorrido mínimo de 25 mm y división de lecturas en 0.025 mm.

Una poza con la capacidad para poder sumergir los moldes completamente.

Estufa con la capacidad de mantener una temperatura de 110 + - 5°C.

Balanzas con sensibilidad de 1 gr

Tamices con aberturas que vayan desde N°04 a 2".

(5) PROCEDIMIENTO

Preparación de la muestra

Primero, de la muestra preparada se toma la cantidad de muestra necesaria para el ensayo, adicionando unos 5 kg por cada molde CBR.

Segundo, se determina la humedad óptima y así mismo la densidad máxima, haciendo uso del ensayo de compactación escogido.

Tercero, debe de ser determinada la humedad del suelo.

Cuarto, cuando se conoce la humedad que tiene el suelo de muestra, debe de ser adicionada o dejada secar con tal de alcanzar la humedad óptima con la que se alcanzará la densidad máxima.

Elaboración de especímenes

Quinto, cuando ya se ha preparado y armado el molde respectivo para este ensayo, se procede a someter a disco suelo al proceso de compactación, para este caso el próctor modificado.

Sexto, si el espécimen se va a sumergir, es que se debe de extraer entre 100 gr y 500 gr antes de la compactación y otra al final, para que luego sean mezcladas y posterior a ello, determinada su humedad. Si es que no se va a sumergir el material, después de haber hecho el ensayo de penetración se procede a calcular la humedad del material.

Séptimo, terminado el proceso de compactación, se debe de enrasar el molde con la ayuda del badilejo o de algún cuchillo, en el caso se aprecie alguna depresión se debe de adicionar más material que no tenga gruesos.

Octavo, posterior a ello es que se procede a pesa el material, no sin antes desmontar y volver a montar el molde de manera invertida sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base.

Inmersión

Noveno, se procede a tomar la lectura con el fin de medir el hinchamiento, colocando las patas del trípode sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada.

Décimo, en la parte final del periodo de inmersión, se procede a tomar otra lectura para medir el hinchamiento.

Onceavo, después de que haya culminado el periodo de inmersión, es que se procede a retirar el molde de la fosa con agua y verter cuidadosamente. Se deje escurrir en su posición normal aproximadamente unos 15 minutos, se le quita la sobrecarga y la placa perforada, y se procede a pesar inmediatamente, para luego proseguir con el ensayo de penetración.

Penetración

Doceavo, se aplica una carga suficiente para simular la intensidad de peso del pavimento, 2.27 kg aproximadamente, pero no menor a 4.54 kg. El pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa penetra con una velocidad de 1.27 mm por minuto y son anotadas las lecturas de carga para las penetraciones de 0.63, 1.27, 1.90, 2.54, 3.17, 3.81, 5.08, 7.62, 10.16 y 12.70 mm.

(6) CÁLCULO

Fórmula 2. 7 % de agua a añadir

$$\% \text{ a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} * 100$$

FUENTE: normas ASTM D-1883,
AASHTO T – 193

H = humedad prefijada

H = humedad natural

Fórmula 2. 8 % de expansión

$$\% \text{ Compactación} = \frac{L2 - L1}{127} * 100$$

FUENTE: normas ASTM D-1883,
AASHTO T - 193

L1 = lectura inicial en mm

L2 = lectura final en mm

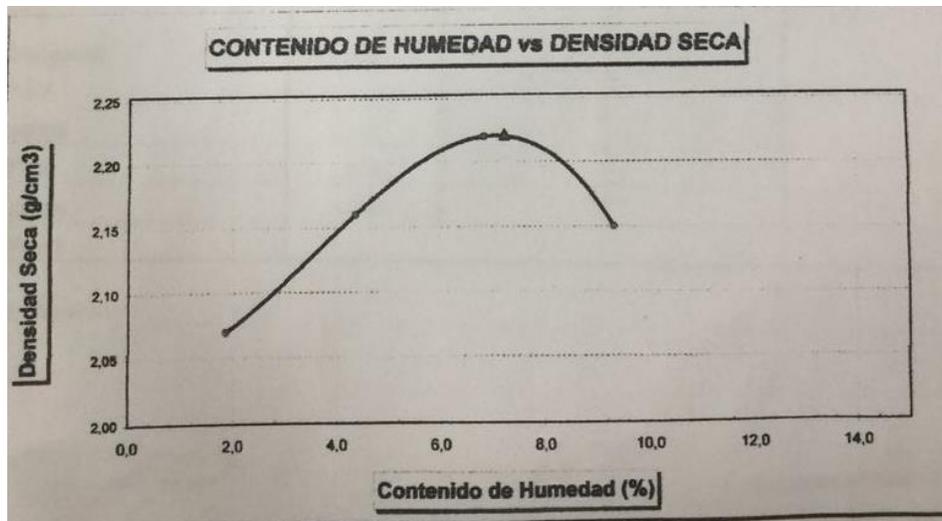
2.4.6. PRÓCTOR MODIFICADO

(1) DEFINICIÓN

Este ensayo es la modificación de la prueba de próctor estándar, ya que aumenta la energía de compactación a 2700 Kn – m/m³, el número de golpes por capa se eleva a 56 y el número de capas aumentó a 5; además, se elevó el peso del martillo a 4.54 kg y la altura de caída del mismo ha aumentado a 18". Por este motivo, la energía específica de compactación será de 27.2 kg.cm/cm³. Así se obtendrá la densidad máxima seca mayor que la obtenida en la prueba de próctor estándar con un menor contenido de humedad.

También se debe de conocer la curva de humedad y la formación de esta para la obtención de la densidad. Esta curva representa la variación de la densidad seca Vs vs el %w (porcentaje de humedad), que se obtiene en el laboratorio. La densidad seca va variando conforme se vaya modificándola humedad del suelo.

Imagen 2. 3 Curva de contenido de humedad vs densidad seca



FUENTE: Elaboración propia

La humedad óptima corresponde al máximo valor de la densidad seca, ocurriendo que en la compactación del suelo salga aire y no agua.

(2) **NORMATIVA**

La norma empleada es la AASHTO T 99 D

(3) **OBJETIVO DEL ENSAYO**

El objetivo de este ensayo es determinar la densidad máxima seca del suelo; al igual como el porcentaje óptimo de humedad para realizar la compactación.

(4) **INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

Los materiales a emplear son los mencionados a continuación:

Muestra seca de suelo, de 6 a 8 kg que pase por el tamiz $\frac{3}{4}$ "

Papeles a forma de la base del molde.

Agua

Los equipos a emplear son los siguientes:

Molde cilíndrico metálico de 6" de diámetro y 4.59" de altura

Extensión del molde, de igual diámetro y 2" de altura

Base metálica con tornillos mariposa para fijar molde

Martillo o pisón metálico de 4.54 kg de peso, que consta de un vástago en cuyo extremo inferior hay un cilindro de 2" de diámetro; se deja caer el martillo de una altura de 18".

Balanza con sensibilidad de 0.01 gr

Balanza de capacidad de 30 kg

Horno eléctrico con control de temperatura.

Los instrumentos empleados son:

Tamices N°04 y $\frac{3}{4}$ "

Enrasador de acero

Probeta graduada de 1000 ml

Badilejo

Plancha de mezclar

Bandeja metálica para mezclar y recipientes metálicos.

Brocha para limpiar el polvo de los recipientes.

(5) PROCEDIMIENTO

El procedimiento que se plantea seguir es el mencionado a continuación:

Primero se debe de pasar el suelo por el tamiz $\frac{3}{4}$ " con el fin de obtener cuatro muestras con un peso entre 6 a 8 kg.

Segundo, pesar el molde, previamente limpiado con la brocha.

Tercero, se coloca el molde en su base y se coloca sobre este un papel para evitar que la muestra se adhiera en la base y así poder facilitar el desarrollo del ensayo. Posterior a ello, es que se procederá con la colocación de la extensión del molde (collarín) y ambos deberán de ser asegurados con sus respectivos tornillos, con el fin de que queden fijos.

Cuarto, se debe de colocar el suelo sobre el molde metálico y se le adicionará un porcentaje determinado de agua. Se debe de procurar adicionar entre muestra y muestra un 2% más de agua, mezclando la muestra con la ayuda del badilejo, para mantener una mezcla homogeneizada para después dividirla en 5 porciones, como se mencionó anteriormente.

Cinco, luego de que ha sido mezclado uniformemente el suelo, se prosigue a colocar capa a capa al molde, aplicando a cada capa el peso de compactación con la ayuda del martillo.

Seis, una vez que se acabe el proceso de compactación, se procede retirar el collarín junto con los tornillos, antes enrasado adecuadamente la muestra de suelo. Si es que ha quedado algún espacio vacío sobre el suelo, se procede a rellenar dicho espacio con suelo que ha pasado previamente el tamiz N°04.

Siete, con el apoyo de la brocha se procede a limpiar el molde de cualquier particulado que haya quedado sobre este, para luego proseguir con el pesado del mismo.

Ocho, como último paso es que se debe de colocar la muestra de suelo compactado en un recipiente para luego poder pesarlo, secarlo y vuelto a pesar, con el fin de obtener el contenido de humedad del mismo.

(6) CÁLCULO

Para obtener el valor de la máxima densidad seca, es que se debe de completar un cuadro como el mostrado a continuación:

Tabla 2. 4 Resultados de ensayo de proctor modificado

PROCTOR MODIFICADO		FECHA: 26/08/2014			
MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	2115	cm ³	—	pie ³
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 99 D			
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	7113	7409	7663	7620
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4463	4759	5013	4970
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2,110	2,250	2,370	2,350
- Recipiente N°		8	1	31	7
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	195,16	192,39	194,08	205,18
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	192,16	185,40	182,90	189,83
- Tara	(g)	30,02	25,14	19,63	25,71
- Peso de Agua	(g)	3,00	6,99	11,18	15,35
- Peso de Suelo Seco	(g)	162,14	160,26	163,27	164,12
- Contenido de agua	(%)	1,85	4,36	6,85	9,35
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	2,07	2,16	2,22	2,15
Máxima Densidad Seca	:	2,22	gr/cm ³		
Óptimo Contenido de Humedad	:	7,25	%		

FUENTE: Elaboración propia

2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los datos, se hará uso de dos programas de computadora, equipos para levantamiento topográfico y el laboratorio de mecánica de suelos. Con el fin de conocer el área de estudio y la morfología de la misma, es que se hizo uso de equipos topográficos, como la estación total, con un grado de confiabilidad bastante alto. Los datos obtenidos de este levantamiento topográfico serán procesados en el programa Autocad Lan 2019 que ayudará a formar las curvas de nivel correspondientes a la zona de explotación y el volumen de corte y relleno que se espera tener, de acuerdo a la potencia del estrato a explotar. Para conocer la potencia del estrato a explotar, es que se hará uso de diferentes estudios de suelos que nos permitirán conocer no sólo lo mencionado anteriormente, sino propiedades del mismo suelo que ayuden a determinar la densidad máxima seca o la humedad necesaria para hacer uso del método de estrato húmedo. Para realizar los ensayos mencionados en ítems anteriores, es que se empleó la ayuda de un laboratorio de suelos para realizar este tipo de labores. Después de obtener estos resultados y hacer una compilación de todos ellos, es que se procede a hacer uso de Microsoft Excel para poder determinar el costo de explotación del estrato haciendo uso del método del estrato seco o el método del

estrato húmedo, mejor dicho, se hará un análisis de costos unitarios para cada uno de los métodos.

2.6. ASPÉCTOS ÉTICOS

Con el desarrollo de esta tesis, me comprometo a respetar los derechos de autor, citando todos aquellos textos que no sean de mi propiedad y que hayan servido para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Además, el desarrollo y aplicación de esta tesis busca reducir la contaminación generada por los particulados en el proceso de explotación de cantera, ya que al hacer uso del método del estrato húmedo, la cantidad de partículas emitidas al ambiente se verá reducida considerablemente. Aparte de ello, la ética profesional me obliga a desarrollar de la mejor manera este trabajo de investigación para que en un futuro sea usado como guía o como referencia para posteriores trabajos de investigación.

III RESULTADOS

3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Tabla 3. 1 Resultados del levantamiento topográfico

TABLA DE VOLUMEN			
PROGRESIVA	ÁREA DE RELLENO	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO
0+000	0.00	0.00	0.00
0+020	329.60	3296.02	3296.02
0+040	355.41	6850.09	101469.11
0+060	356.00	7114.04	17260.14
0+080	352.65	7085.50	24346.65
0+100	408.95	7616.03	31962.68
0+120	374.61	7835.59	39798.27
0+140	353.89	7284.98	47083.24
0+160	363.80	7176.84	54260.09
0+180	408.14	7719.35	61979*.44
0+200	465.05	8731.90	70711.33
0+220	447.72	9127.75	79839.09
0+240	292.89	7406.18	87245.26
0+260	261.97	5548.67	92793.93
0+280	240.21	5021.83	978153.76
0+300	270.41	5106.24	102922.00
0+320	267.19	5376.08	108298.08
0+340	265.11	5323.03	113621.11
0+360	243.38	5084.95	118706.06
0+380	212.15	4555.37	123261.42
0+400	189.78	4019.28	127280.70
0+420	119.39	3091.66	130372.37
0+430	75.11	972.51	131344.87
0+438.430	19.12	397.20	131742.07
	6672.53		

FUENTE: Elaboración propia

La cantera Inproconsa tiene una longitud de 0 + 438.430 Km, con un área de explotación de 33 147.49 m² y un volumen a explotar de 131 742.07 m³; además de contar con un estrato explotable de 8 m de profundidad.

Revisar planos adjuntos en “10.4 ANEXO 4 – PLANOS”

Fotografía 3. 1 Personal realizando el levantamiento topográfico



FUENTE: Elaboración propia

3.2. ESTUDIO DE SUELOS

3.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Después de haber realizado el análisis granulométrico al suelo de la cantera a explotar, es que podemos denominar al tipo de suelo por la clasificación SUCS un GW – GM, grava bien graduada con mezcla de grava y arena con pocos finos o sin ellos, y una grava limosa mal graduada con una mezcla de gravas, arena y limo. Para la clasificación AASHTO es un suelo de tipo A -1 a (0). La humedad del suelo natural llega a 6.59%.

Resultados que toman como referencia el siguiente anexo:

Anexo 3. Imagen 3. 6 Resultados del ensayo de análisis mecánico por tamizado ASTM D - 422

3.2.2. LÍMITES DE ATTEMBERG (LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO)

El índice de plasticidad que llega a tener el suelo de la cantera a explotar es de 1, con un límite líquido de 21 y un límite plástico de 20.

Resultados que toman como referencia a los siguientes anexos:

Anexo 3. Imagen 3. 6 Resultados del ensayo de análisis mecánico por tamizado ASTM D – 422

Anexo 3. Imagen 3. 4 Resultados del ensayo de límite de consistencia

3.2.3. EQUIVALENTE DE ARENA

El ensayo del equivalente de arena dio como resultado que este suelo tiene un valor de equivalente de arena del 71 %.

Resultados que toman como referencia el siguiente anexo:

Anexo 3. Imagen 3. 7 Resultados del ensayo del equivalente de arena

3.2.4. RESISTENCIA DE ABRASIÓN (AASHTO – T- 96)

Después de haber realizado el ensayo de resistencia a la abrasión es que se obtuvo como resultado que el material que conforma el suelo en estudio llega a tener un porcentaje de desgaste del 17.04%.

Resultados que toman como referencia el siguiente anexo:

Anexo 3. Imagen 3. 1 Resultados de ensayo de resistencia a la abrasión AASHTO - T - 96

3.2.5. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

La máxima densidad seca del suelo estudiado al 100% es de 2.220 gr/cm³, al 95% llega a 2.109 gr/cm³, con un contenido de humedad óptimo del 7.25%. Con esto, el porcentaje de CBR al 100% de la máxima densidad seca llega al 86.30%.

Resultados que toman como referencia a los siguientes anexos:

Anexo 3. Imagen 3. 2 Resultados del ensayo de CBR y expansión

Anexo 3. Imagen 3. 3 Gráficas de los resultados del ensayo de CBR y expansión

3.2.6. PRÓCTOR MODIFICADO

De acuerdo al ensayo de próctor modificado realizado, la máxima densidad seca a la que llega el material en estudio es de 2.220 gr / cm³ con un porcentaje de humedad óptimo del 7.25%.

Resultados que toman como referencia el siguiente anexo:

Anexo 3. Imagen 3. 5 Resultados del ensayo de compactación - Próctor modificado
Método A ASTM D -1557

3.3. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL AFIRMADO

Tabla 3. 2 Cuadro general parte 1

1.- PROCEDIMIENTO EN CANTERA PARA LA OBTENCIÓN DE AFIRMADO HUMEDO			
1.1 DATOS			
1.1.1.- HUMEDAD			
MEDIDAS X ARROCERA			
LARGO	8.00	m	
ANCHO	6.00	m	
ALTURA	8.00	m	
volumen	384.00	m ³	
1.1.2 ESPONJAMIENTO			
%	m3		
30	115.2		
TOTAL	499.20		
1.1.3 PRODUCCIÓN			
%	TIPO	m ³	PORCENTAJE
60	AFIRMADO	299.5	12.64
40	OVER	199.68	
1.1.4 AGUA X ARROCERA			
GALONES	N° VIAJES	COSTO POR VIAJE	TOTAL
5000	2	120	240
GALONES A LITRO	GALONES A M3	M3 DE AGUA	
18925	18.925	37.85	
1.2 COSTOS			
1.2.1 COSTO HUMEDAD X M3			
S/. 0.80	m3		
1.2.2 COSTO DE ZARANDA ESTÁTICA:			
medidas (metros)	4	6	
precio soles:	6000		
duración	600000	m3	
COSTO X M3	S/. 0.01	m3	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3. 3 Cuadro general parte 2

1.2.3 COSTO DE INSTALACION			
	HORAS	SOLES	COSTO X HORA
CARGADOR FONTAL 9266	3	S/. 600.00	S/. 200.00
RETROEXCAVADORA 420D	8	S/. 960.00	S/. 120.00
TOTAL	11	S/. 1,560.00	
100000	TOTAL /100000		
COSTO X M3	S/. 0.02	m3	

2. PRODUCCION CON ESTRATO HUMEDO			
PRODUCCIÓN AFIRMADO EN ZARANDA ESTÁTICA CON CAPACIDAD			
	150		m3
ESTRATO HÚMEDO A PROCESAR PARA OBTENER 150 m3 AFIRMADO	246		m3
CARGADOR EMPLEADO 9626G 218 HP CUCHARA	4.2		m3
N° DE CICLOS	59	58.57142857	
SE OBTIENE:			%
AFIRMADO	150	m3	60
OVER	96	m3	40
TIEMPO POR CICLO	TIEMPO (min)	CICLOS	TIEMPO*CICLO (MINUTOS) HORAS
	2.44	59.00	144 2.40
	HORAS	SOLES	H*S
	2.4	200	479.9
COSTO POR M3	SOLES	m3	SOLES/m3
	479.9	246	1.95
2.1 AFIRMADO			
COSTO PRODUCCIÓN=ZARANDEO + HUMEDAD			
ZARANDEO	HUMEDAD	TOTAL	CARGIO A VOLQUETE
1.95	0.8	2.75	200
M3	EN MINUTOS	EN HORAS	HORAS*200 COSTO X M3
15.0	3.00	0.05	10 S/. 0.67

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3. 4 Cuadro general parte 3

2.1.1 AFIRMADO CARGADO				
	ZARANDEO + HUMEDAD		S/. 2.75	
	CARGIO X M3		S/. 0.67	
	INSTALACION		S/. 0.02	
	ZARANDA		S/. 0.01	
	TOTAL		S/. 3.44	
2.2 OVER				
ACOPIO	CUBICAJE X CICLO	CICLOS	EN MINUTOS	EN HORAS
96	4.2	23	1.50	0.03
	HORAS*96	COSTO X HORA	COSTO TOTAL	COSTO X M3
	0.57	S/. 200.00	114.29	S/. 1.19
2.2.2 COSTO OVER				
	ZARANDEO		S/. 1.95	
	ACOPIO		S/. 1.19	
	INSTALACION		S/. 0.02	
	ZARANDA		S/. 0.01	
	TOTAL		S/. 3.17	
3. PRODUCCIÓN CON ESTRATO SECO				
PRODUCCIÓN AFIRMADO EN ZARANDA ESTÁTICA CON CAPACIDAD		150	m3	
ESTRATO SECO PARA PROCESAR PARA OBTENER 150 m3 AFIRMADO CON 20% DE ESPONJAMIENTO		250	m3	
CARGADOR EMPLEADO 9626G 218 HP CUCHARA		4.2	m3	
N° DE CICLOS	60	59.52380952		
		ESTRATO SECO	250	
		60%	150	
		40%	100	
TIEMPO POR CICLO	TIEMPO (min)	CICLOS	TIEMPO*CICLO (MINUTOS)	HORAS
	2.44	60.00	146.40	2.44
	HORAS	SOLES	H*S	
	2.4	200	488.0	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3. 5 Cuadro general parte 4

COSTO POR M3		SOLES	m3	SOLES/m3
		488.0	250	S/. 1.95
		COSTO m3		
ZARANDA		0.01		
INSTALACIÓN		0.02		
COSTO DE MAQUINARIA				
	HORAS	SOLES	RENDIMIENTO X HORA	
TRACTOR	1	220.00	120	
CARGADOR	1	200.00		
TOTAL	2	420.00		
COMPARACION DE COSTOS ESTRATO HUMEDO - ESTRATO SECO				
		CORTE CON TRACTOR	S/. 1.83	m3
		ZARANDEO	S/. 1.95	m3
		ZARANDA	S/. 0.01	m3
		INSTALACION	S/. 0.02	m3
		CARGIO	S/. 0.67	m3
		TOTAL	S/. 4.49	m3
		TOTAL CON ACOPIO	S/. 5.68	m3
OVER				
		CORTE CON TRACTOR	S/. 1.83	m3
		ZARANDEO	S/. 1.95	m3
		ZARANDA	S/. 0.01	m3
		INSTALACION	S/. 0.02	m3
		ACOPIO	S/. 1.25	m3
		TOTAL ACOPIADO	S/. 5.07	m3
		TOTAL CARGADO AL VOLQUETE	S/. 5.73	m4
COMPARACION DE COSTOS ESTRATO HUMEDO - ESTRATO SECO				
MATERIAL	COSTO EH	COSTO ES	DIFERENCIA	
AFIRMADO	S/. 3.44	S/. 4.49	S/. 1.04	
OVER	S/. 3.17	S/. 5.07	S/. 1.90	
AFIRMADO	76.79	23.21		
OVER	62.52	37.48		

FUENTE: Elaboración propia

3.3.1. DATOS GENERALES

Tabla 3. 6 Procedimiento para la obtención de afirmado húmedo en cantera

1.- PROCEDIMIENTO EN CANTERA PARA LA OBTENCION DE AFIRMADO HUMEDO			
1.1 DATOS			
1.1.1.- HUMEDAD			
MEDIDAS X ARROCERA			
LARGO	8.00	m	
ANCHO	6.00	m	
ALTURA	8.00	m	
volumen	384.00	m ³	
1.1.2 ESPONJAMIENTO			
%	m ³		
30	115.2		
TOTAL	499.20		
1.1.3 PRODUCCIÓN			
%	TIPO	m ³	PORCENTAJE
60	AFIRMADO	299.5	12.64
40	OVER	199.68	
COSTO			
GALONES	N° VIAJES	COSTO POR VIAJE	TOTAL
5000	2	120	240
CONVERSIONES			
GALONES A LITRO	GALONES A M3	M3 DE AGUA	
18925	18.925	37.85	

FUENTE: Elaboración propia

Se procede a mostrar cuál ha sido el cálculo para poder determinar el volumen de agua en metros cúbicos necesarios para realizar el método del estrato húmedo.

Tabla 3. 7 Dimensiones y volumen de la arrocera

1.1.1.- HUMEDAD		
MEDIDAS X ARROCERA		
LARGO	8.00	m
ANCHO	6.00	m
ALTURA	8.00	m
volumen	384.00	m ³

FUENTE: Elaboración propia

Se muestra las medidas que debe de tener la arrocera (8*6 m²) sobre la que se verterá el volumen de agua necesario para humedecer el estrato. El volumen de suelo a humedecer es de 384 m³, valor que ha tomado como referencia no sólo la experiencia que se tiene para explotar canteras, sino también la humedad natural del suelo y el índice de plasticidad. La altura del estrato a explotar es de 8 metros.

Tabla 3. 8 Factor de esponjamiento del suelo

1.1.2 ESPONJAMIENTO	
%	m ³
30	115.2
TOTAL	499.20

FUENTE: Elaboración propia

Debido al material que se está explotando, a la granulometría obtenida; es decir, al tipo de suelo, es que se creyó conveniente considerar un factor de esponjamiento del 30% para proseguir con el cálculo. El volumen total de suelo a explotar es igual a 499.20 m³.

Tabla 3. 9 Producción de la cantera (porcentaje de afirmado y over)

1.1.3 PRODUCCIÓN			
%	TIPO	m ³	PORCENTAJE
60	AFIRMADO	299.5	12.64
40	OVER	199.68	

FUENTE: Elaboración propia

Al explotar una porción de suelo de la cantera en estudio, se va a obtener un 60% de afirmado y un 40% de over, valores que corresponden al tipo de suelo, a la granulometría del material y a la condición de grava bien graduada con presencia de arena. El valor de 12.64% mostrado en la tabla no es más que una muestra del porcentaje de agua empleado para humedecer el volumen a extraer mencionado anteriormente. Sólo se toma en cuenta el volumen de afirmado, ya que la incidencia de la absorción de agua en el over es bastante reducida.

Tabla 3. 10 Cantidad y costo de agua necesaria para humedecer la arrocera

1.1.4 AGUA X ARROCERA			
GALONES	N° VIAJES	COSTO POR VIAJE	TOTAL
5000	2	120	240

GALONES A LITRO	GALONES A M3	M3 DE AGUA
18925	18.925	37.85

FUENTE: Elaboración propia

El volumen de agua necesario para humedecer la porción de estrato a explotar es de 37.85 m³, que representa el 12.64% del volumen de afirmado, como se mencionó anteriormente. El número de viajes a realizar para llegar a esta dosificación es de 2, llegando a un monto de 240 soles. La determinación de este volumen de agua se vio influenciado por la experiencia que se tiene; además de los diferentes ensayos realizados al suelo.

Tabla 3. 11 Costos de humedecimiento, de zaranda estática e instalación de maquinaria

1.2 COSTOS

1.2.1 COSTO HUMEDAD X M3	
S/. 0.80	m ³

1.2.2 COSTO DE ZARANDA ESTÁTICA:		
medidas (metros)	4	6
precio soles:	6000	
duración	600000	m ³
COSTO X M3	S/. 0.01	m ³

1.2.3 COSTO DE INSTALACION			
	HORAS	SOLES	COSTO X HORA
CARGADOR FONTAL 9266	3	S/. 600.00	S/. 200.00
RETROEXCAVA DORA 420D	8	S/. 960.00	S/. 120.00
TOTAL	11	S/. 1,560.00	

100000	TOTAL /100000	
COSTO X M3	S/. 0.02	m ³

FUENTE: Elaboración propia

Se procedió a calcular el costo de humedecimiento, costo de la zaranda estática y el costo de instalación de la misma, para ello se hará uso de cargador frontal y retroexcavadora, por metro cúbico, con el fin de que este dato sea usado más adelante para determinar cuánto es que llega a costar realizar la extracción de suelo por el método del estrato húmedo y el estrato seco. Se creyó conveniente calcular el costo por metro cúbico considerando un volumen extraído de 100 000 m3.

Tabla 3. 12 Costo de humedecimiento del estrato por m3

1.2.1 COSTO HUMEDAD X M3	
S/. 0.80	m3

FUENTE: Elaboración propia

El monto de humedecimiento por metro cúbico de afirmado extraído es de 0.80 nuevos soles y se obtuvo dividiendo el costo por ambos viajes de agua entre el volumen de afirmado que se espera extraer en la porción de suelo a explotar mencionada anteriormente.

Fotografía 3. 2 Camión cisterna humedeciendo el terreno



FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3. 13 Costo por m3 de producción de zaranda estática

1.2.2 COSTO DE ZARANDA ESTÁTICA:		
medidas (metros)	4	6
precio soles:	6000	
duración	600000	m3
COSTO X M3	S/. 0.01	m3

FUENTE: Elaboración propia

La zaranda estática tiene como fin el de separar el afirmado y el over, está conformada por una estructura de fierro de 4" con marco de 4 * 6 metros, con refuerzos tanto verticales como horizontales y posee una malla de fierro de 5/8 cada 2.5 ". El precio de esta es de 6000 nuevos soles y su periodo de vida útil llega a su fin, cuando procesa unos 600 000 metros cúbicos de suelo, de acuerdo a la experiencia en campo. Por este motivo, es que llega a tener un costo ínfimo de 0.01 nuevos soles por metro cúbico.

Fotografía 3. 3 Zaranda estática



FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3. 14 Costo de instalación de cargador frontal y excavadora

1.2.3 COSTO DE INSTALACION			
	HORAS	SOLES	COSTO X HORA
CARGADOR FONTAL 9266	3	S/. 600.00	S/. 200.00
RETROEXCAVADORA 420D	8	S/. 960.00	S/. 120.00
TOTAL	11	S/. 1,560.00	

100000	TOTAL /100000	
COSTO X M3	S/. 0.02	m3

FUENTE: Elaboración propia

La maquinaria empleada para la instalación de la zaranda estática son dos principalmente, el cargador frontal que es el encargado de cargar y transportar la zaranda, y la retroexcavadora que es encargada de realizar los orificios que servirán como apoyo de la misma; los precios de esta maquinaria por un periodo de 8 horas de trabajo son de 600 y 960 nuevos soles, respectivamente. Con un trabajo total por ambos equipos de 11 horas a un costo de 1560 nuevos soles, se puede llegar a un gasto de 0.02 soles por cada m3 de material extraído.

3.3.2. MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO

Tabla 3. 15 Producción de cantera con el método del estrato húmedo producción y costo de material afirmado

2. PRODUCCION CON ESTRATO HUMEDO				
PRODUCCIÓN AFIRMADO EN ZARANDA ESTÁTICA CON CAPACIDAD		150	m3	
ESTRATO HÚMEDO A PROCESAR PARA OBTENER 150 m3 AFIRMADO		246	m3	
CARGADOR EMPLEADO 9626G 218 HP CUCHARA		4.2	m3	
N° DE CICLOS		59	58.57142857	
SE OBTIENE:				
AFIRMADO	150	m3	60 %	
OVER	96	m3	40	
TIEMPO POR CICLO	TIEMPO (min)	CICLOS	TIEMPO * CICLO (MINUTOS)	HORAS
	2.44	59.00	144	2.40
	HORAS	SOLES	H*S	
	2.4	200	479.9	
COSTO POR M3	SOLES	m3	SOLES/m3	
	479.9	246	1.95	
2.1 AFIRMADO				
COSTO PRODUCCIÓN=ZARANDEO + HUMEDAD				
ZARANDEO	HUMEDAD	TOTAL	CARGIO A VOLQUETE	
1.95	0.8	2.75	200	
M3	EN MINUTOS	EN HORAS	HORAS*200	COSTO X M3
15.0	3.00	0.05	10	S/. 0.67
2.1.1 AFIRMADO CARGADO				
ZARANDEO + HUMEDAD		S/. 2.75		
CARGIO X M3		S/. 0.67		
INSTALACION		S/. 0.02		
ZARANDA		S/. 0.01		
TOTAL		S/. 3.44		

FUENTE: Elaboración propia

Se muestra la producción de la zaranda estática y la cantidad de material extraído necesario para producir 150 m3 de afirmado. Aparte de ello, se muestra la maquinaria de la que se hará uso, el tiempo por ciclo y el costo por m3 de material extraído; así mismo, se tiene como resultado final el costo que genera la explotación de material afirmado por metro cúbico.

Tabla 3. 16 Producción de cantera con el método del estrato húmedo producción y costo de over

2.2 OVER												
ACOPIO	CUBICAJE X CICLO	CICLOS	EN MINUTOS	EN HORAS								
96	4.2	23	1.50	0.03								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>HORAS*96</th> <th>COSTO X HORA</th> <th>COSTO TOTAL</th> <th>COSTO X M3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.57</td> <td>S/. 200.00</td> <td>114.29</td> <td>S/. 1.19</td> </tr> </tbody> </table>					HORAS*96	COSTO X HORA	COSTO TOTAL	COSTO X M3	0.57	S/. 200.00	114.29	S/. 1.19
HORAS*96	COSTO X HORA	COSTO TOTAL	COSTO X M3									
0.57	S/. 200.00	114.29	S/. 1.19									
2.2.2 COSTO OVER												
ZARANDEO		S/. 1.95										
ACOPIO		S/. 1.19										
INSTALACION		S/. 0.02										
ZARANDA		S/. 0.01										
TOTAL		S/. 3.17										

FUENTE: Elaboración propia

Continuando con la tabla anterior, es que se realiza el mismo cálculo para obtener el costo de la extracción de material afirmado con el over. Más adelante será explicado el proceso a más detalle.

Tabla 3. 17 Producción de material afirmado y over con estrato húmedo

2. PRODUCCION CON ESTRATO HUMEDO				
PRODUCCIÓN AFIRMADO EN ZARANDA ESTÁTICA CON CAPACIDAD		150	m3	
ESTRATO HÚMEDO A PROCESAR PARA OBTENER 150 m3 AFIRMADO		246	m3	
CARGADOR EMPLEADO 9626G 218 HP CUCHARA		4.2	m3	
N° DE CICLOS	59	58.57142857		
SE OBTIENE:				%
	AFIRMADO	150	m3	60
	OVER	96	m3	40

FUENTE: Elaboración propia

La capacidad que tiene la zaranda estática en estudio es de 150 m3. En base a este dato, es que se procede a determinar qué volumen total de suelo extraído se necesitaría tener para poder obtener este volumen sólo en material afirmado, ya que este representa el 60% del suelo extraído y el resto está conformado por over, siendo el volumen total el de 246 m3. El cargador empleado es de tipo 9626G 218HP con cuchara una con capacidad de 4.2 m3. Con esta capacidad, el número de ciclos que deber de realizar el cargador frontal es de 59.

Fotografía 3. 4 Cargador frontal cargando material



FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3. 18 Tiempo por ciclo y costo por explotar un m³ de suelo de la cantera en estudio

TIEMPO POR CICLO	TIEMPO (min)	CICLOS	TIEMPO*CICLO (MINUTOS)	HORAS						
	2.44	59.00	144	2.40						
<table border="1"> <tr> <td>HORAS</td> <td>SOLES</td> <td>H*S</td> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>200</td> <td>479.9</td> </tr> </table>					HORAS	SOLES	H*S	2.4	200	479.9
HORAS	SOLES	H*S								
2.4	200	479.9								
COSTO POR M3	SOLES	m3	SOLES/m3							
	479.9	246	1.95							

FUENTE: Elaboración propia

El tiempo que tarda cada ciclo del cargador es de 2.44 minutos, al tener que realizar 59 ciclos para extraer 246 m³ de material, conlleva a un tiempo total de 2.4 horas, con un costo por hora de 200 soles, el costo por m³ de material extraído será de 1.95 soles.

Fotografía 3. 5 Cargador frontal extrayendo material de estrato húmedo



FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3. 19 Costo de producción de un m³ de material afirmado por el método del estrato húmedo

2.1 AFIRMADO					
COSTO PRODUCCIÓN=ZARANDEO + HUMEDAD					
ZARANDEO	HUMEDAD	TOTAL			CARGIO A VOLQUETE
1.95	0.8	2.75			200
M3	EN MINUTOS	EN HORAS	HORAS*200	COSTO X M3	
15.0	3.00	0.05	10	S/. 0.67	
2.1.1 AFIRMADO CARGADO					
ZARANDEO + HUMEDAD		S/. 2.75			
CARGIO X M3		S/. 0.67			
INSTALACION		S/. 0.02			
ZARANDA		S/. 0.01			
TOTAL		S/. 3.44			

FUENTE: Elaboración propia

El costo de material zarandeado es de 1.95 nuevos soles y el costo de humedecer dicho material es de 0.8 nuevos soles, dando un total de 2.75 soles por m3 de material extraído con el método de humedecimiento. La capacidad del volquete es de 15 m3 y el costo por uso del cargador frontal es de 200 soles por hora. Tomando un tiempo de carguío de 3 minutos, siendo el costo de cargar un volquete de material zarandeado y anteriormente humedecido es de 0.67 soles por m3. El costo de la zaranda es de 0.01 soles por m3, el costo de la instalación de la zaranda es de 0.02 soles por m3 y el costo de zarandeo más humedecimiento es de 2.75 soles por m3, sumado al costo de carguío calculado anteriormente, se tiene un monto total de explotación de material afirmado bajo el método del estrato húmedo de 3.44 nuevos soles por m3.

Tabla 3. 20 Costo de producción de un m3 de over por el método del estrato húmedo

2.2 OVER												
ACOPIO	CUBICAJE X CICLO	CICLOS	EN MINUTOS	EN HORAS								
96	4.2	23	1.50	0.03								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>HORAS*96</th> <th>COSTO X HORA</th> <th>COSTO TOTAL</th> <th>COSTO X M3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.57</td> <td>S/. 200.00</td> <td>114.29</td> <td>S/. 1.19</td> </tr> </tbody> </table>					HORAS*96	COSTO X HORA	COSTO TOTAL	COSTO X M3	0.57	S/. 200.00	114.29	S/. 1.19
HORAS*96	COSTO X HORA	COSTO TOTAL	COSTO X M3									
0.57	S/. 200.00	114.29	S/. 1.19									
2.2.2 COSTO OVER												
ZARANDEO		S/. 1.95										
ACOPIO		S/. 1.19										
INSTALACION		S/. 0.02										
ZARANDA		S/. 0.01										
TOTAL		S/. 3.17										

FUENTE: Elaboración propia

El volumen de over que representa extraer 150 m³ de material afirmado es de 96 m³, con una cantidad de cubicaje por ciclo de 4.2 m³. El cargador frontal llega a cargar este volumen en 23 ciclos, con una duración de cada uno de ellos de 1.50 minutos. Para que el cargador frontal pueda cargar los 96 m³ de over va a necesitar de 0.57 horas y esto significará un costo de 1.19 nuevos soles por metro cúbico; adicionando a ello, el costo del zarandeo de 1.95 nuevos soles, la instalación de la zaranda de 0.02 nuevos soles y la zaranda de 0.01 nuevos soles, es que se tiene un valor de extracción de un metro cúbico de over de 3.17 nuevos soles.

Fotografía 3. 6 Over extraído



FUENTE: Elaboración propia

3.3.3. MÉTODO DEL ESTRATO SECO

Tabla 3. 21 Producción de material afirmado con el método de estrato seco

3. PRODUCCIÓN CON ESTRATO SECO			
PRODUCCIÓN AFIRMADO EN ZARANDA ESTÁTICA CON CAPACIDAD	150	m3	
ESTRATO SECO PARA PROCESAR PARA OBTENER 150 m3 AFIRMADO CON 20% DE ESPONJAMIENTO	250	m3	
CARGADOR EMPLEADO 9626G 218 HP CUCHARA	4.2	m3	
N° DE CICLOS	60	59.52380952	
	ESTRATO SECO	250	
	60%	150	
	40%	100	

FUENTE: Elaboración propia

Se ha considerado un 20% de factor de esponjamiento para el material afirmado, el que representa el 60% del volumen total extraído y el over representa el 40% del volumen total. La producción de afirmado de la zaranda estática es de 150 m3 y la capacidad del cargador empleado es de 4.2 m3. Por este motivo, es que se necesita de 60 ciclos de carga y descarga para poder explotar 250 m3 de suelo.

Fotografía 3. 7 Cargador frontal cargando material



FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3. 22 Tiempo por ciclo de la explotación de suelo por el método del estrato seco

TIEMPO POR CICLO	TIEMPO (min)	CICLOS	TIEMPO*CICLO (MINUTOS)	HORAS							
	2.44	60.00	146.40	2.44							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>HORAS</th> <th>SOLES</th> <th>H*S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.4</td> <td>200</td> <td>488.0</td> </tr> </tbody> </table>						HORAS	SOLES	H*S	2.4	200	488.0
HORAS	SOLES	H*S									
2.4	200	488.0									

FUENTE: Elaboración propia

El tiempo de duración de cada ciclo es de 2.44 minutos, al tener 60 ciclos en todo el proceso de explotación del volumen mencionado anteriormente, es que este proceso se realizará en 2.44 horas, teniendo un costo de 488 soles nuevos soles.

Tabla 3. 23 Costo por metro cúbico de uso de zaranda e instalación de maquinaria

COSTO POR M3	SOLES	m3	SOLES/m3
	488.0	250	S/. 1.95
	COSTO m3		
ZARANDA	0.01		
INSTALACIÓN	0.02		

FUENTE: Elaboración propia

Al explotar 250 m3 de material y al tener un costo de explotación por la maquinaria de 488 nuevos soles, es que el costo por metro cúbico de material extraído es de 1.95 nuevos soles. El costo de uso de la zaranda estática es de 0.01 nuevos soles por metro cúbico y el costo de instalación de la misma es de 0.02 nuevos soles por metro cúbico.

Tabla 3. 24 Costo de maquinaria empleada para extraer un metro cúbico de material por el método del estrato seco

COSTO DE MAQUINARIA				
	HORAS	SOLES	RENDIMIENTO X HORA	COSTO M3
TRACTOR	1	220.00	120	S/. 1.83
CARGADOR	1	200.00		S/. 1.95
TOTAL	2	420.00		

FUENTE: Elaboración propia

La maquinaria que se empleará para este método son el tractor y el cargador frontal, con costos de 220 y 200 nuevos soles, respectivamente; teniendo un rendimiento de 120 m3 por hora, es que se llega a un costo por metro cúbico de 1.83 y 1.95 respectivamente.

Tabla 3. 25 Costo de producir un metro cúbico de afirmado por el método del estrato seco

AFIRMADO		
CORTE CON TRACTOR	S/. 1.83	m3
ZARANDEO	S/. 1.95	m3
ZARANDA	S/. 0.01	m3
INSTALACION	S/. 0.02	m3
CARGIO	S/. 0.67	m3
TOTAL	S/. 4.49	m3
TOTAL CON ACOPIO	S/. 5.68	m3

FUENTE: Elaboración propia

El costo del tractor fue calculado anteriormente y se obtuvo un valor de 1.83 nuevos soles, así mismo el proceso de zarandeo debe de ser realizado con la ayuda del cargador frontal, significando un costo de 1.95 nuevos soles, a esto se le tiene que sumar el valor obtenido con anterioridad de 0.01 y 0.02 nuevos soles, correspondientes al costo de la zaranda estática y de la instalación de la misma respectivamente, a ello se le debe de sumar el costo del carguío calculado en el método del estrato húmedo y adicionándole el acopio calculado con anterioridad en el mismo método, se llega a un monto total de extracción de afirmado por el método del estrato seco de 5.68 nuevos soles por metro cúbico.

Tabla 3. 26 Costo de producir un metro cúbico de over por el método del estrato seco

OVER		
CORTE CON TRACTOR	S/. 1.83	m3
ZARANDEO	S/. 1.95	m3
ZARANDA	S/. 0.01	m3
INSTALACION	S/. 0.02	m3
ACOPIO	S/. 1.25	m3
TOTAL ACOPIADO	S/. 5.07	m3
TOTAL CARGADO AL VOLQUETE	S/. 5.73	m4

FUENTE: Elaboración propia

Para el cálculo del monto total de explotación del over, se realizó el mismo proceso que para hallar el costo de explotación de afirmado por metro cúbico; con esto se ha obtenido valores de corte con tractor de 1.83 nuevos soles por metro cúbico, costo de

zarandeo de 1.95 nuevos soles, costo de zaranda e instalación de esta, de 0.01 y 0.02 nuevos soles respectivamente, y un monto de acopio y carguío, de 1.25 y 1.19 respectivamente. Esto da como resultado un monto de extracción de over de 6.26 nuevos soles por metro cúbico.

3.3.4. COMPARACIÓN DE COSTOS ESTRATO HÚMEDO – SECO

Tabla 3. 27 Comparación de costos de extraer material afirmado y over por el método del estrato húmedo y método del estrato seco

COMPARACION DE COSTOS ESTRATO HUMEDO - ESTRATO SECO			
MATERIAL	COSTO EH	COSTO ES	DIFERENCIA
AFIRMADO	S/. 3.44	S/. 4.49	S/. 1.04
OVER	S/. 3.17	S/. 5.07	S/. 1.90
MATERIAL	% COSTO EH	% DE AHORRO	
AFIRMADO	76.79	23.21	
OVER	62.52	37.48	

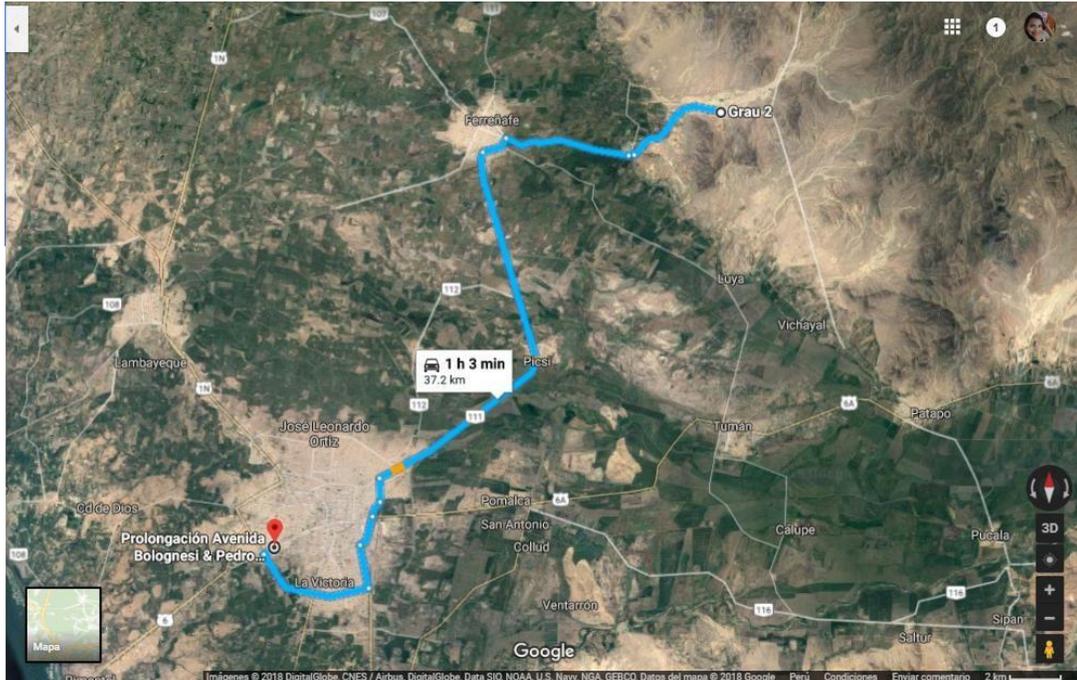
FUENTE: Elaboración propia

En base a los datos obtenidos, es que se llega a la tabla de comparación de costos entre la explotación de afirmado y over con estrato húmedo y con estrato seco. Los costos obtenidos con el método del estrato húmedo son de 3.44 y 3.17 nuevos soles por metro cúbico, respectivamente. Con el método del estrato seco, estos costos cambian a 4.49 y 5.07 nuevos soles por metro cúbico de afirmado y over, respectivamente. El porcentaje de ahorro que se llega a tener en el afirmado es del 23.21% y en el over del 37.48%.

3.4. PRESUPUESTO DE LA OBRA “MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR EN LA AVENIDA PROLONGACIÓN CIEZA DE LEON HASTA LA AV LA PURÍSIMA MZ 22-30, DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO LAMBAYEQUE”

Para determinar el costo del flete, es que se procedió a ubicar el lugar de la cantera y la ubicación de la obra en mención.

Imagen 3. 1 Ubicación de la cantera Inproconsa y el lugar donde se realizará la obra



FUENTE: Google maps

3.4.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Tabla 3. 28 Análisis de precios unitarios - partida capa sub base granular con máquina E = 15 cm (reforzada) – obra “MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR EN LA AVENIDA PROLONGACIÓN CIEZA DE LEON HASTA LA AV LA PURÍSIMA MZ 22-30, DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO LAMBAYEQUE”

Presupuesto 0303001 MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR EN LA AVENIDA PROLONGACION CIEZA DE LEON HASTA LA AV.LA PURISIMA MZ 22-30, DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Subpresupuesto 004 PAVIMENTACION Fecha presupuesto 31/05/2017

Partida	01.03.01 CAPA SUB BASE DE GRANULAR CON MAQUINA E= 15 CM (REFORZADA)						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,300.0000	EQ. 2,300.0000	Costo unitario directo por : m2			12.64
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000032	TOPOGRAFO		hh	0.2500	0.0009	20.10	0.02
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.0070	20.10	0.14
0147010004	PEON		hh	8.0000	0.0278	14.85	0.41
Materiales							
0205010039	AFIRMADO PARA SUBBASE		m3		0.1750	40.00	7.00
02D1020001	GEOMALLA MULTIAXIAL		m2		1.0500	3.75	3.94
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	0.57	0.03
0348080066	ESTACION TOTAL		hm	0.2500	0.0009	12.71	0.01
0348120002	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 2,000 gl		hm	1.0000	0.0035	97.45	0.34
0349030007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP		hm		0.5000	0.0017	135.59
0.23	10-12 ton						
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP		hm	1.0000	0.0035	148.31	0.52
1.13							

FUENTE: Obra “Mejoramiento de la transitabilidad peatonal y vehicular en la avenida prolongación Cieza de León hasta la Av. La Purísima Mz 22 -30, Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo Lambayeque”

Tabla 3. 29 Análisis de precios unitarios - partida capa base granular a máquina E = 20 cm – obra “MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR EN LA AVENIDA PROLONGACIÓN CIEZA DE LEON HASTA LA AV LA PURÍSIMA MZ 22-30, DISTRITO DE CHICLAYO LAMBAYEQUE

Partida	01.03.02 CAPA BASE GRANULAR A MAQUINA E= 20 CM						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2			11.33
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0147000032	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0040	20.10	0.08	
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.0080	20.10	0.16	
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.0320	14.85	0.48	
	Materiales						
0205010001	AFIRMADO PARA BASE	m3		0.2250	40.00	9.00	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.72	0.04	
0348080066	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	0.0040	12.71	0.05	
0348120002	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 2,000 gl	hm	1.0000	0.0040	97.45	0.39	
0349030007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP	hm		1.0000	0.0040	135.59	
0.54	10-12 ton						
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0040	148.31	0.59	
						1.61	

FUENTE: Obra “Mejoramiento de la transitabilidad peatonal y vehicular en la avenida prolongación Cieza de León hasta la Av. La Purísima Mz 22 -30, Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo Lambayeque”

3.4.2. PRESUPUESTO

Tabla 3. 30 Presupuesto “MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR EN LA AVENIDA PROLONGACIÓN CIEZA DE LEON HASTA LA AV LA PURÍSIMA MZ 22-30, DISTRITO DE CHICLAYO LAMBAYEQUE

PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE				548,587.01
CAPA SUB BASE DE GRANULAR CON MAQUINA E= 15 m2	22,886.40	12.64		289,284.10
CAPA BASE GRANULAR A MAQUINA E= 20 CM m2	22,886.40	11.33		259,302.91
Costo Directo				548,587.01
Utilidad		7.00%		38401.0907
Gastos Generales		9.00%		49372.8309
Sub total				636,360.93
IGV				114544.9677
Total				750,905.90

FUENTE: Obra “Mejoramiento de la transitabilidad peatonal y vehicular en la avenida prolongación Cieza de León hasta la Av. La Purísima Mz 22 -30, Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo Lambayeque”

Para la realización del presupuesto se ha considerado únicamente las partidas de “Capa sub base granular con máquina” y “capa base granular a máquina E = 20 CM”, con el fin de concentrarnos únicamente en la variación que podría tener un presupuesto si es que se hace uso de los diferentes métodos planteados en el presente proyecto, como lo son: método del estrato seco y método del estrato húmedo.

3.5. PRESUPUESTO POR EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL “MÉTODO DEL ESTRATO SECO”

3.5.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Tabla 3. 31 Análisis de precios unitarios de capa sub base granular con máquina E = 15 cm (reforzada), método del estrato seco

PARTIDA: **01.03.01 CAPA SUB BASE DE GRANULAR CON MAQUINA E=15CM (REFORZADA)**

RENDIMIENTO M2/DIA: **2,300.00** EQ: 2,300.00

COSTO UNITARIO DIRECTO POR M2 : **9.44**

CODIGO	DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO POR M2 :			PARCIAL
			CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	
MANO DE OBRA						
147000032	TOPOGRAFO	HH	0.2500	0.0009	20.10	0.02
1470100002	OPERARIO	HH	2.0000	0.0070	20.10	0.14
1470100004	PEON	HH	8.0000	0.0278	14.85	0.41
MATERIAL						
7.66						
	AFIRMADO PARA SUB BASE	M3		0.1750	21.29	3.73
	GEOMALLA MULTIAXIAL	M2		1.0500	3.75	3.94
EQUIPO						
1.21						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.57	0.03
	ESTACION TOTAL	HM	0.2500	0.0090	12.71	0.11
	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 gl	HM	1.0000	0.0035	97.45	0.34
	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP	HM	0.5000	0.0017	135.59	0.23
	MOTONIVELADORA 125 HP	HM	1.0000	0.0035	148.31	0.52

FUENTE: Elaboración propia



Tabla 3. 32 Análisis de precios unitarios de capa base granular a máquina E = 20 cm, método del estrato seco

PARTIDA: **01.03.02 CAPA BASE GRANULAR A MAQUINA E=20CM**

RENDIMIENTO M2/DIA: **2,000.00** EQ: 2,300.00

COSTO UNITARIO DIRECTO POR M2 : **7.12**

CODIGO	DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO POR M2 :			PARCIAL
			CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	
MANO DE OBRA						
147000032	TOPOGRAFO	HH	1.0000	0.0040	20.10	0.08
1470100002	OPERARIO	HH	2.0000	0.0080	20.10	0.16
1470100004	PEON	HH	8.0000	0.0320	14.85	0.48
MATERIAL						
4.79						
	AFIRMADO PARA SUB BASE	M3		0.2250	21.29	4.79
EQUIPO						
1.61						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.72	0.04
	ESTACION TOTAL	HM	1.0000	0.0040	12.71	0.05
	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 gl	HM	1.0000	0.0040	97.45	0.39
	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP	HM	1.0000	0.0040	135.5900	0.54
	MOTONIVELADORA 125 HP	HM	1.0000	0.0040	148.31	0.59

FUENTE: Elaboración propia

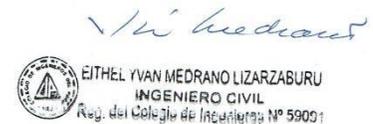


Tabla 3. 33 Cálculo de rendimiento de transporte afirmado, r

**MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR
EN LA AV. PEDRO CIEZA DE LEON HASTA LA AV. LA PURISIMA MZ30 DISTRITO DE
CHICLAYO**

CALCULO DE RENDIMIENTO DE TRANSPORTE DE AFIRMADO

PARTIDA : 01.03.01.03. Capa sub base de granular con máquina
ESPECIFICACIONES : Pavimentos, flete sub base y base
DISTANCIA : 37.20 KM (PROMEDIO)
EFICIENCIA : 90 %

DATOS	UNIDAD	CANTIDAD
DISTANCIA DE RECORRIDO PROMEDIO	KM	37.2
VELOCIDAD CON CARGA	KM / H	30
VELOCIDAD SIN CARGA	KM / H	40

TIEMPO DE CARGA	MIN	3	
TIEMPO DE RECORRIDO CARGADO	MIN	74.4	T=D/Vc
TIEMPO DE DESCARGA	MIN	1.6	
TIEMPO DE RECORRIDO DESCARGADO	MIN	55.8	T=D/Vsc
		134.8	Minutos x Viaje

VIAJES POR DIA POR VOLQUETE (Eficiencia)	VIAJES	3
NUMERO DE VOLQUETES	UNID	8
NUMERO DE VIAJES POR DIA	VIAJES	24
CAPACIDAD DE LOS VOLQUETES	M3	15
VOLUMEN TOTAL TRANSPORTADO POR DIA	M3	360

COSTO FLETE	
HORAS POR VIAJE	2.25
PRECIO POR HORA	100
COSTO FLETE	224.67
POR M3	14.98
PAGO DE PEAJES X VIAJE S/.27.30	1.82
COSTO FLETE POR M3	S/. 16.80

FUENTE: Elaboración propia

3.5.2. PRESUPUESTO

Tabla 3. 34 Presupuesto, método del estado seco

PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE

378,998.78

CAPA SUB BASE DE GRANULAR CON	m2	22,886.40	9.44	216,047.62
CAPA BASE GRANULAR A MAQUINA E=	m2	22,886.40	7.12	162,951.17
Costo Directo				378,998.78
Utilidad			7.00%	26529.9149
Gastos Generales			9.00%	34109.8906
Sub total				439,638.59
IGV				79134.9461
Total				518,773.54

FUENTE: Elaboración propia

3.6. PRESUPUESTO POR EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL “MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO”

3.6.1. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Tabla 3. 35 Análisis de precios unitarios de capa sub base granular con máquina E = 15 cm (reforzada), método del estrato húmedo

PARTIDA: **01.03.01 CAPA SUB BASE DE GRANULAR CON MAQUINA E=15CM (REFORZADA)**
 RENDIMIENTO M2/DIA: **2,300.00** EQ: 2,300.00 COSTO UNITARIO DIRECTO POR M2 : **8.83**

CODIGO	DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL
MANO DE OBRA						
147000032	TOPOGRAFO	HH	0.2500	0.0009	20.10	0.02
1470100002	OPERARIO	HH	2.0000	0.0070	20.10	0.14
1470100004	PEON	HH	8.0000	0.0278	14.85	0.41
MATERIAL						
	AFIRMADO PARA SUB BASE	M3		0.1750	20.24	3.54
	GEOMALLA MULTIAXIAL	M2		1.0500	3.75	3.94
EQUIPO						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.57	0.03
	ESTACION TOTAL	HM	0.2500	0.0090	12.71	0.11
	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 gl	HM	1.0000	0.0018	97.45	0.17
	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP	HM	0.5000	0.0017	135.59	0.23
	MOTONIVELADORA 125 HP	HM	1.0000	0.0018	148.31	0.26

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 3. 36 Análisis de precios unitarios de capa base

método del estrato húmedo

Ethel Yvan Medrano Lizarzaburu

EITHEL YVAN MEDRANO LIZARZABURU
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 59001

m,

PARTIDA: **01.03.02 CAPA BASE GRANULAR A MAQUINA E=20CM**
 RENDIMIENTO M2/DIA:

2,000.00

EQ: 2,300.00

COSTO UNITARIO DIRECTO POR M2 : **6.39**

CODIGO	DESCRIPCION DEL RECURSO	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO S/.	PARCIAL
MANO DE OBRA						
147000032	TOPOGRAFO	HH	1.0000	0.0040	20.10	0.08
1470100002	OPERARIO	HH	2.0000	0.0080	20.10	0.16
1470100004	PEON	HH	8.0000	0.0320	14.85	0.48
MATERIAL						
	AFIRMADO PARA SUB BASE	M3		0.2250	20.24	4.55
EQUIPO						
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.72	0.04
	ESTACION TOTAL	HM	1.0000	0.0040	12.71	0.05
	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 gl	HM	1.0000	0.0020	97.45	0.19
	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP	HM	1.0000	0.0040	135.59	0.54
	MOTONIVELADORA 125 HP	HM	1.0000	0.0020	148.31	0.30

FUENTE: Elaboración propia

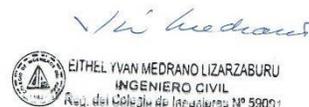


Tabla 3. 37 Cálculo de rendimiento de transporte de afirmado, método del estrato húmedo

**MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD PEATONAL Y VEHICULAR
 EN LA AV. PEDRO CIEZA DE LEON HASTA LA AV. LA PURISIMA MZ30 DISTRITO DE
 CHICLAYO**

CALCULO DE RENDIMIENTO DE TRANSPORTE DE AFIRMADO

PARTIDA : 01.03.01.03. Capa sub base de granular con máquina
ESPECIFICACIONES : Pavimentos, flete sub base y base
DISTANCIA : 37.20 KM (PROMEDIO)
EFICIENCIA : 90 %

DATOS	UNIDAD	CANTIDAD
DISTANCIA DE RECORRIDO PROMEDIO	KM	37.2
VELOCIDAD CON CARGA	KM / H	30
VELOCIDAD SIN CARGA	KM / H	40
TIEMPO DE CARGA	MIN	3
TIEMPO DE RECORRIDO CARGADO	MIN	74.4
TIEMPO DE DESCARGA	MIN	1.6
TIEMPO DE RECORRIDO DESCARGADO	MIN	55.8
		134.8
		Minutos x Viaje
VIAJES POR DIA POR VOLQUETE (Eficiencia)	VIAJES	3
NUMERO DE VOLQUETES	UNID	8
NUMERO DE VIAJES POR DIA	VIAJES	24
CAPACIDAD DE LOS VOLQUETES	M3	15
VOLUMEN TOTAL TRANSPORTADO POR DIA	M3	360

COSTO FLETE	
HORAS POR VIAJE	2.25
PRECIO POR HORA	100
COSTO FLETE	224.67
POR M3	14.98
PAGO DE PEAJES X VIAJE S/. 27.30	1.82
COSTO FLETE POR M3	S/. 16.80

FUENTE: Elaboración propia

3.6.2. PRESUPUESTO

Tabla 3. 38 Presupuesto, método del estrato húmedo
PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE **348,331.01**

CAPA SUB BASE DE GRANULAR CON	m2	22,886.40	8.83	202,086.91
CAPA BASE GRANULAR A MAQUINA E=	m2	22,886.40	6.39	146,244.10
Costo Directo				348,331.01
Utilidad			7.00%	24383.1706
Gastos Generales			9.00%	31349.7907
Sub total				404,063.97
IGV				72731.5145
Total				476,795.48

FUENTE: Elaboración propia

IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Cuando se procede a explotar una cantera, no se conoce la ubicación exacta del estrato explotable, sino que se tiene que hacer un gran número de exploraciones que nos den una idea del lugar exacto donde se encuentra el suelo de mejora calidad. Sin embargo, este levantamiento topográfico debe de ser complementado con estudios de suelos que certifiquen la calidad del afirmado, principal material a explotar en el presente proyecto de investigación. Una de las consecuencias de no realizar este tipo de estudios, como el levantamiento topográfico o estudio de mecánica de suelos, es la mayor probabilidad de encontrar greda, que es un material arcilloso que debilita la estructura del pavimento. Cuando se realizó el trabajo de campo y la recopilación de la información, varias de las concesionarias nos informaban que ellos explotaban el suelo sin realizar estudios de suelo o la topografía; mejor dicho, ninguna de ellas conocía la potencia del estrato de buena calidad, lo que había traído como consecuencia en muchas de ellas que el material explotado sea rechazado o que no haya cumplido con los requisitos de calidad mínimo exigidos por norma.

Otro de los fines de realizar este tipo de estudio es determinar el área y el volumen exacto de explotación. Estos datos también influyen en la productividad que se espera de la maquinaria a utilizar. La inversión que se realice dependerá del tiempo de vida de la cantera, por este motivo es que se pretende optimizar todos los procesos haciendo una comparación entre el método del estrato seco y el método del estrato húmedo, para así poder conocer cuál es el método que traerá menores costos de explotación y mejorará las ganancias. Gracias a esto, es que se pudo conocer la ubicación exacta del material explotable de buena calidad, el área de influencia del mismo y su respectiva potencia.

4.1.2. ESTUDIO DE SUELOS

4.1.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

El análisis granulométrico del suelo a explotar nos ha permitido determinar que el porcentaje de afirmado que se espera obtener es de un 60% aproximadamente, en comparación a la presencia de over, que representa el 40% del volumen total de explotación. Además de ello, el conocer que el porcentaje de humedad del suelo en estado natural es de 6.59% y en base a la experiencia en explotación de cantera que se tiene, se ha determinado que para un área de 48 m², tan sólo son necesarios 37.85 m³ de agua, equivalente a dos viajes de camiones cisterna. Con el fin de que el suelo no se convierta en barro, sino que llegue a un punto de agua suficiente como para que la porción de suelo a explotar colapse por su propio peso en estado húmedo y no sea necesario el uso de una pala excavadora.

4.1.2.2. LÍMITES DE ATTEMBERG (LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO)

El límite líquido del suelo nos permite conocer el límite de volumen de agua con respecto al peso del suelo necesario para pasar de un estado líquido a un estado plástico; que es cuando el suelo se transforma en barro. Este límite tiene un valor de 21, lo que nos da la idea de que se necesitaría una gran cantidad de agua para que ocurra este fenómeno. Por el contrario, el límite plástico, es el límite entre un estado plástico y un estado sólido del suelo, con tendencia a la rotura. Este valor es de 20, lo que da un índice de plasticidad bastante bajo. Por este motivo, es que es necesario verter un volumen de agua bastante controlado, debido a que sólo se puede llegar a una variación de 1, lo que nos permite interpretar que este tipo de suelo es sensible al cambio de humedad.

4.1.2.3. EQUIVALENTE DE ARENA

El valor del ensayo de equivalente de arena obtenido es de 71%, este valor se encuentra por encima de 70% y aunque no hay mucha diferencia tiene que ser considerado como un valor elevado. El valor obtenido está relacionado con los resultados del ensayo granulométrico y el tipo de suelo que tenemos según la

clasificación ZUCS, siendo una grava bien graduada con mezcla de grava y arena con pocos finos. El tener un valor de equivalente de arena alto, indica una mayor cantidad de arena y una menor cantidad de finos. Los elementos arenosos tienden a ser no floculables y a sedimentar con facilidad; mientras que, los finos no arenosos floculan y pueden llegar a quedar suspendidos en la solución que se forma al momento de humedecer el estrato a explotar.

4.1.2.4. RESISTENCIA DE ABRASIÓN (AASHTO – T – 96)

Cuando hablamos de resistencia a la abrasión, nos referimos a la capacidad que tiene un material para evitar desgastarse al ser frotado. Este tipo de propiedad es fundamental para materiales que son usados para pavimentación, principalmente para aquellos que van a estar en contacto directo con la superficie, debido a la gran cantidad de fricción que puede llegar a ejercer las ruedas de los carros sobre los mismos. Si bien es cierto, un valor de 17.04% es un valor de resistencia a la abrasión bajo para un material que estará expuesto a la superficie del pavimento, recordemos que el afirmado explotado será usado principalmente para las capas internas de la estructura del pavimento, como lo son la sub base, la rasante o la base misma.

4.1.2.5. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

El ensayo de CBR más que un ensayo para conocer las propiedades del suelo, nos permite saber el porcentaje de humedad necesario para alcanzar la máxima densidad del material. Este valor influye mucho en el diseño de las capas estructurales del pavimento. Este material alcanza una densidad máxima de 2.220 gr/cm³ con una humedad del 100%. La norma menciona que en campo se debe de llegar a un valor de CBR del 100%.

4.1.2.6. PRÓCTOR MODIFICADO

El ensayo de próctor modificado se le realiza a aquellos suelos que van a ser sometidos a grandes estados de carga, como lo es el tránsito de vehículos. En el caso se requiera afirmado para la construcción de losas deportivas o veredas, es más que suficiente hacer uso del ensayo de próctor estándar.

El ensayo de próctor modificado se relaciona mucho con la determinación del CBR, ya que uno depende del otro, siendo los resultados los mismos. La máxima densidad seca es de 2.220 gr/cm³ con una humedad óptima de 7.25%.

4.1.3. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL AFIRMADO

4.1.3.1. DATOS GENERALES

Es bien sabido que cuando se explota una cantera con el fin de obtener afirmado no se llega a tener el 100% de este material, pues la combinación de materiales por los que está conformado el suelo hace que este porcentaje reduzca, dependiendo del tipo de suelo con el que nos encontremos. Según el ensayo de suelos, estamos ante una grava bien gradada y una grava limosa. Estos resultados validan el obtener sólo un 60% de material afirmado, pues el resto de este material es over.

El método del estrato húmedo requiere de un humedecimiento previo del suelo antes de la explotación correspondiente, por este motivo es que se ha optado por humedecer el estrato a explotar realizando arroceras con un área de 48 m². La altura del estrato es de 8 metros. Se optó por estas dimensiones por dos motivos: son medidas con las que se suele trabajar en campo y por lo que no sería conveniente humedecer un terreno que no se va a explotar en una jornada laboral completa. Aparte de ello, se ha considerando un porcentaje de esponjamiento por el tipo de material que posee el suelo, limos y arenas, del 20%, llegando a un volumen humedecido y listo para explotar de 499.20 m³ de material.

Teniendo establecido el volumen a explotar, es que se procedió al cálculo de los costos de instalación de maquinaria, costos de humedecimiento del suelo y empleo de zaranda estática, siendo los siguientes valores respectivamente: 0.02, 0.8 y 0.01 nuevos soles por metro cúbico. Como se puede apreciar el costo más elevado es el del humedecimiento del material, más adelante se podrá observar que aunque este valor sea elevado en comparación al del empleo de zaranda estática o implementación de maquinaria, se llega a tener un ahorro por usar el método del estrato húmedo en comparación con el del estrato seco.

La zaranda estática es un tipo de zaranda que nos brinda un rendimiento elevado y tiene un periodo de vida útil que permite recuperar la inversión por la adquisición de esta, en poco tiempo. Hacer uso de este equipo involucra considerar un costo de instalación del mismo, ya que se tiene que emplear dos máquinas para su instalación: el cargador frontal y la retroexcavadora. Aparte de que se tiene que tener en cuenta un costo por depreciación del equipo y por su instalación. Si bien es cierto, no es un valor muy marcado, suma al momento de calcular el costo unitario de explotación, aunque es recuperable en el tiempo.

4.1.3.2. MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO

El método del estrato húmedo lo que busca es reducir la incidencia de la maquinaria empleada en el proceso de explotación a tajo abierto con estrato seco. Esto está representado en el valor de explotación obtenido finalmente. El análisis del método busca obtener 150 m³ de afirmado neto, con incidencia del 60% en afirmado, es que se debe de explotar 246 m³ de suelo sólo haciendo uso de un cargador 9626 G con 218 HP y una capacidad de cuchara de 4.2 m³, sin tomar en cuenta al camión cisterna usado para humedecer el estrato, ya que el valor del mismo está incluido en el costo de humedecimiento del suelo. Con esta capacidad se puede llegar a transportar a la zaranda estática los 246 m³ de material en tan sólo 59 ciclos., lo que llevaría 2.40 horas de trabajo, con un costo de 479.9 nuevos soles, tomando como referencia el valor calculado con anterioridad de 200 soles la hora máquina por el uso del cargador. Sumándole al costo de explotación, el carguío, la instalación de la maquinaria, el humedecimiento del suelo y el empleo de la zaranda estática, podemos llegar a un costo de explotación de afirmado por el método del estrato húmedo de 3.44 nuevos soles por m³ de suelo.

El mismo procedimiento se realizó para obtener over, sólo que para este caso los costos de producción se reducen a zarandeo, acopio, instalación de maquinaria y desgaste de la zaranda estática, llegando a un valor de 3.17 nuevos soles por metro cúbico.

4.1.3.3. MÉTODO DEL ESTRATO SECO

Para poder realizar una adecuada comparación entre ambos métodos de explotación, es que se evaluará el costo de explotación de 150 m³ de material afirmado, considerando un factor de esponjamiento del 20%. Para este tipo de método no sólo se evita mojar el suelo, sino que se hace uso de mayor cantidad de maquinaria para poder explotar la cantera. Para este caso, entra a tallar el tractor oruga, que es el encargado de habilitar el material y que este se encuentre listo para que el cargador frontal pueda proceder con el carguío. La adición de una máquina más hace que el costo de explotación aumente en comparación con el costo de humedecimiento que se tiene en el método del estrato húmedo. Para este caso, el factor de esponjamiento hace que el número de ciclos aumente en uno, llegando a los 60 ciclos, que representa 2.44 horas y en dinero, 488 nuevos soles. El costo por el empleo del cargador frontal y el tractor oruga es de 1.95 y 1.83 nuevos soles por m³ de material extraído respectivamente. Para el costo de explotación del afirmado, se ha considerado el costo del uso del tractor oruga, el cargador frontal, uso de la zaranda, la instalación de la maquinaria y el carguío, llegando a un valor de 5.68 nuevos soles por m³ de material extraído.

Para el over se han considerado los mismos gastos, a excepción de que se ha reemplazado el carguío por el acopio del material, llegando a un valor de 5.73 nuevos soles por m³ de material extraído.

4.1.3.4. COMPARACIÓN DE COSTOS ESTRATO HÚMEDO – SECO

Como se mencionó anteriormente, los métodos utilizados difieren en el estado del suelo sobre el cual la maquinaria empieza a extraer el suelo para su posterior zarandeado. En el caso del método del estrato húmedo, se humedece el suelo y posterior a ello se procede con la extracción del mismo con la ayuda del cargador frontal únicamente, ya que por el mismo peso del suelo humedecido, llega a colapsar y ya no es necesario el empleo del tractor oruga para remover este material, esto genera menos costos de operación, aunque sí un aumento en el humedecimiento del mismo, por este motivo es que el costo de producir afirmado con este método es más

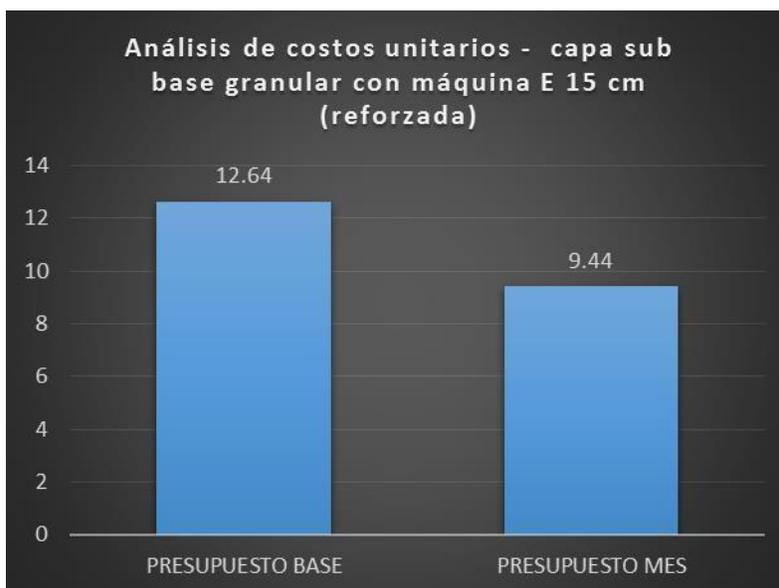
caro que producir over, costando 3.44 y 3.17 nuevos soles por metro cúbico, respectivamente. El over es más barato ya que en el costo no es necesario humedecer el material, por este motivo es que todo el costo de humedecimiento del suelo es recargado en la explotación del afirmado.

Para el caso del método del estrato seco, el procedimiento a seguir involucra el uso de un tractor oruga para remover el material, ya que su propio peso no es suficiente para colapsar. Luego de que el material haya sido removido y dejado habilitado por el tractor oruga, es que el cargador frontal puede hacer el trabajo de carguío y posterior a ello el empleo de la zaranda estática para producir afirmado y over. Para este caso, se da un fenómeno contrario que por el método del estrato húmedo, el costo del over es mayor al costo del afirmado, siendo 5.07 y 4.49 nuevos soles por metro cúbico respectivamente. El precio del over es mayor por dos motivos, la duración del ciclo de extracción del mismo y por el costo del acopio.

Si comparamos ambos métodos, tenemos de que se puede llegar a un ahorro del 23.21% en la explotación de afirmado haciendo uso del método del estrato húmedo. Lo mismo sucede con la explotación de over, siendo el porcentaje de ahorro mucho más que el del afirmado, llegando a 37.48%. Para ambos casos, se puede llegar a un ahorro superior al 20% haciendo uso del método del estrato húmedo por encima del método del estrato seco, que es el método usado actualmente por casi todas las canteras de la región.

4.1.4. COMPARACIÓN ENTRE PRESUPUESTO BASE Y PRESUPUESTO CON MÉTODO DEL ESTRATO SECO

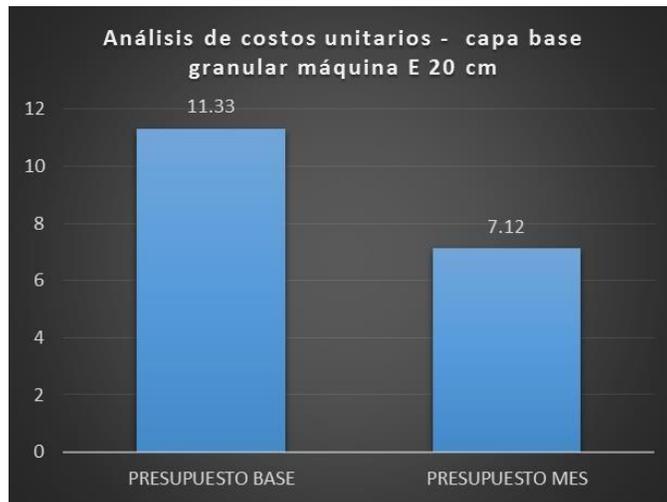
Gráfico 4. 1 Análisis de costos unitarios - capa sub base granular con máquina E 15 cm (reforzada) - P. base vs P. MES



FUENTE: Elaboración propia

Como se puede apreciar, los costos asumidos al realizar el análisis de costos unitarios para la partida de capa sub base granular con máquina E 15 cm (reforzada) superan a los costos analizados por el método del estrato seco en el presente proyecto. Esto se puede deber a varios factores, ya sea como el costo del flete, el costo de cada insumo o hasta la incidencia que uno crea conveniente colocar dentro de este análisis, muy influenciado por la experiencia de quien lo realiza. Se puede hallar una diferencia de aproximadamente 3.20 soles por metro cuadrado.

Gráfico 4. 2 Análisis de costos unitarios - capa base granular máquina E 20 cm - P.
Base vs P. MES



FUENTE: Elaboración propia

Para esta partida, sucede el mismo fenómeno, que el mencionado anteriormente. La diferencia entre ambos costos unitarios aún sigue siendo marcada, llegando hasta los 4.21 soles por metro cuadrado, mucho mayor que con la partida anterior. Esto se debe a que la incidencia de cada insumo y equipo varía de partida en partida, al igual que el rendimiento.

Gráfico 4. 3 Comparación de presupuestos - P. base vs P. MES

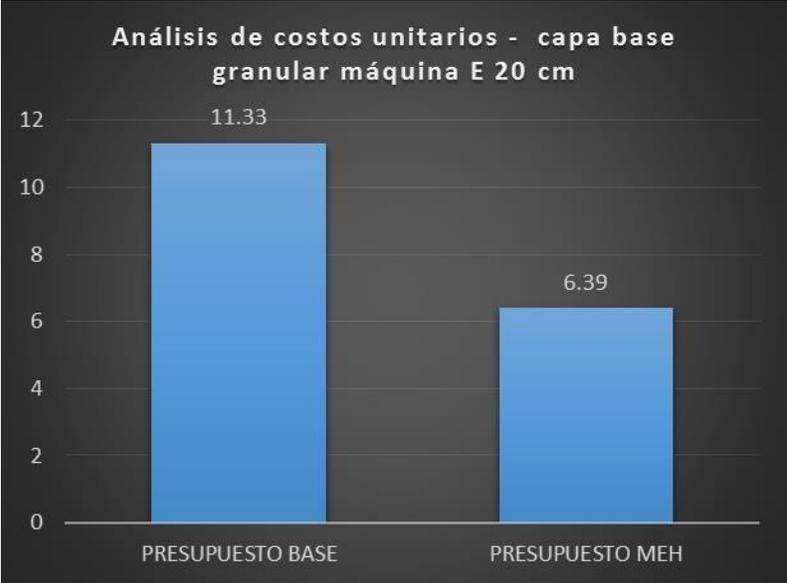


FUENTE: Elaboración propia

Debido a que en las partidas anteriormente mencionadas hubo siempre una ventaja de la extracción por método del estrato seco, en comparación al presupuesto base, los costos del presupuesto siguen la misma predisposición. Habiéndose considerado el mismo valor de metrado, porcentaje de gastos generales y porcentaje de utilidad, la única diferencia radica en los costos unitarios que ha podido tener cada partida analizada.

4.1.5. COMPARACIÓN ENTRE PRESUPUESTO BASE Y MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO

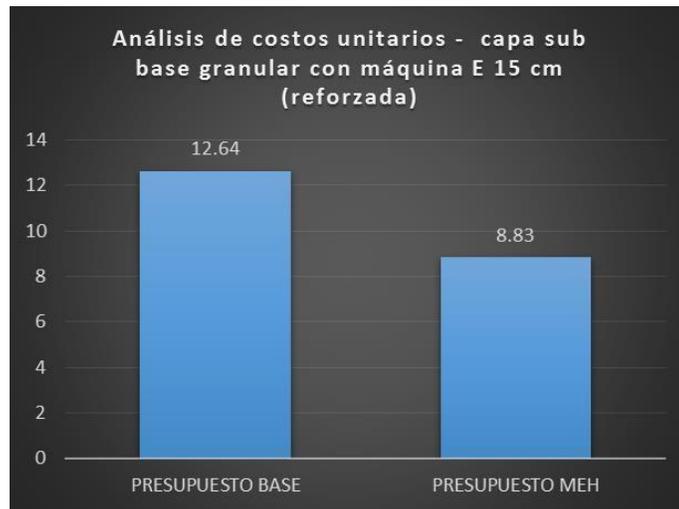
Gráfico 4. 4 Análisis de costos unitarios - capa base granular máquina E 20 cm - P.
Base vs P. MEH



FUENTE: Elaboración propia

Ya es bien sabido que el costo de la extracción por el método del estrato húmedo es mucho menor que por el método del estrato seco. Esto se ve reflejado también cuando se realiza la comparación de costos unitarios entre el presupuesto base y el método en mención. Se debe a la incidencia del rodillo, de la cisterna y el costo de explotación propiamente dicho. Para esta partida llega a una reducción de costo unitario de 4.94 soles por metro cuadrado.

Gráfico 4. 5 Análisis de costos unitarios - capa sub base granular con máquina E 15 cm (reforzada) . P. base vs P. MEH



FUENTE: Elaboración propia

Lo mismo que ha sucedido para la partida de capa base granular, sucede con la capa sub base granular, las reducciones de costo están en la incidencia de la cisterna, motoniveladora y del costo de extracción del afirmado, llegando a una reducción de costo de 3.81 soles por metro cuadrado.

Gráfico 4. 6 Comparación de presupuestos - P. base vs P. MEH

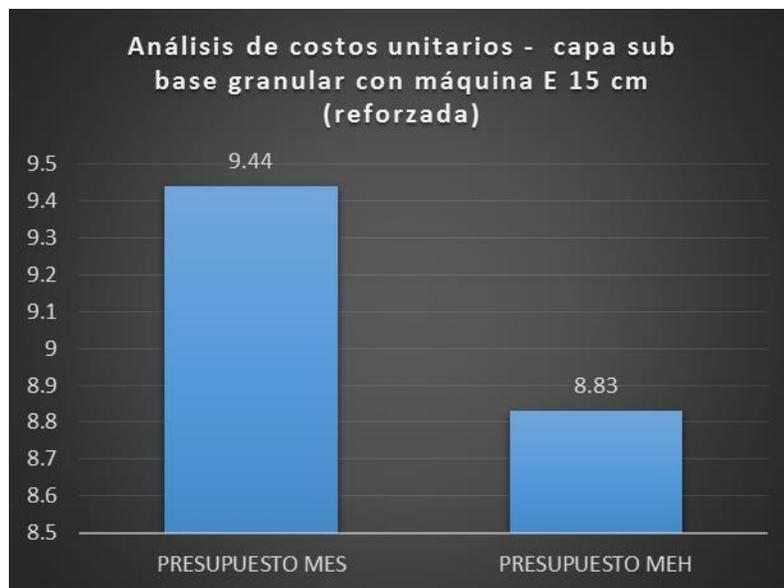


FUENTE: Elaboración propia

Como se ha visto anteriormente la reducción de costos para ambas partidas, haciendo uso del método de estrato húmedo, se puede llegar a una reducción de considerable magnitud, como es apreciada en el gráfico, si es que se compara el presupuesto obtenido por este método con el presupuesto base del que se está tomando referencia. Los costos llegan a reducirse hasta en un 40% aproximadamente. Para que se pueda apreciar la real incidencia de esta reducción, es que se ha creído conveniente sólo tomar las dos partidas en dónde hacemos uso del material afirmado, la capa sub base y la capa base.

4.1.6. COMPARACIÓN ENTRE PRESUPUESTO CON MÉTODO DEL ESTRATO HÚMEDO Y PRESUPUESTO CON MÉTODO DEL ESTRATO SECO

Gráfico 4. 7 Análisis de costos unitarios - capa sub base granular con máquina E 15 cm (reforzada) . P. MES vs P. MEH



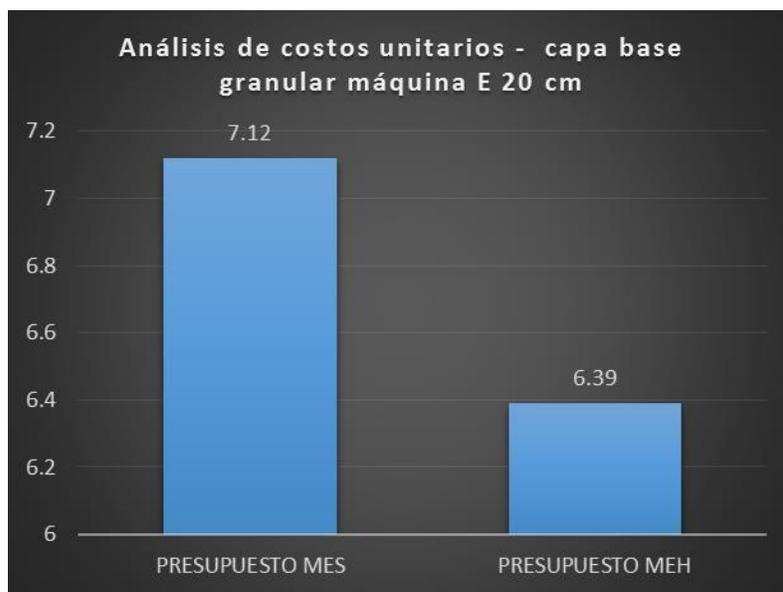
FUENTE: Elaboración propia

Luego de haber comparado los costos unitarios y el presupuesto base, es que se procede a comparar los valores obtenidos por cada uno de los métodos, estrato seco y estrato húmedo. En análisis anteriores, ya se había demostrado la reducción de costos que puede significar el uso de un método con respecto al otro, esta reducción se debe a que al hacer uso del método del estrato seco, estamos reduciendo la

incidencia que tiene el camión cisterna y de la motoniveladora. Debido a que ya se ha usado agua anteriormente para humedecer el estrato y posteriormente empezar con la extracción del estrato, con esto ya se está reduciendo la incidencia del camión cisterna. En el caso de la motoniveladora, la misma humedad que se le ha sido incorporada al estrato extraído ha hecho que este baje el costo del proceso de conformación, siendo menos necesario el uso de la motoniveladora.

Gráfico 4. 8 Análisis de costos unitarios - capa base granular máquina E 20 cm - P.

MES vs P. MEH



FUENTE: Elaboración propia

La reducción de precios de un método con respecto al otro para esta partida, se debe a lo mencionado anteriormente, llegando a un costo de 0.73 nuevos soles por metro cuadrado de ahorro.

Gráfico 4. 9 Comparación de presupuestos - P. MES vs P. MEH



FUENTE: Elaboración propia

La reducción de precios que se ha apreciado en los costos unitarios se ve reflejada en el presupuesto, pues el metrado se mantiene para ambas formas de extracción.

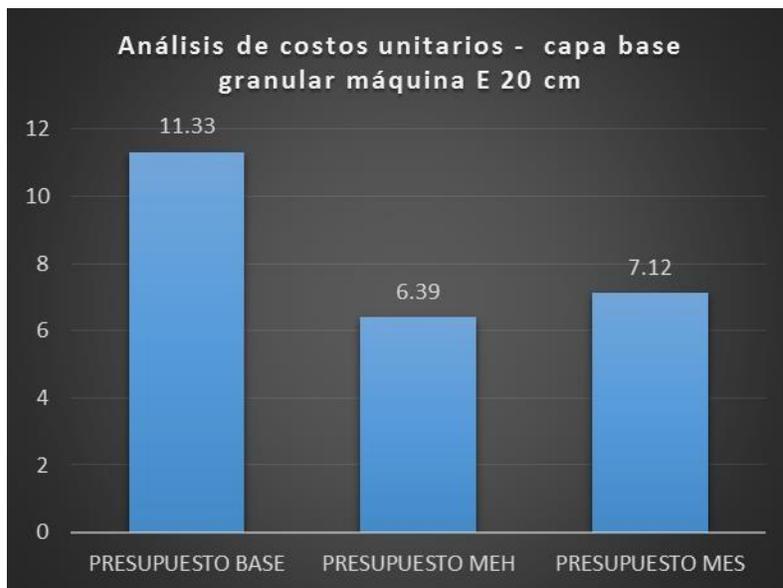
4.1.7. RESUMEN DE PRESUPUESTOS

Gráfico 4. 10 Análisis de costos unitarios - capa sub base granular con máquina E 15 cm (reforzada) . P. MES vs P. MEH vs P. BASE



FUENTE: Elaboración propia

Gráfico 4. 11 Análisis de costos unitarios - capa base granular máquina E 20 cm - P.
MES vs P. MEH vs P. BASE



FUENTE: Elaboración propia

Gráfico 4. 12 Comparación de presupuestos - P. MES vs P. MEH vs P. BASE



FUENTE: Elaboración propia

Gráfico 4. 13 Método ahorrado por cada método de extracción



FUENTE: Elaboración propia

Haciendo uso del método del estrato seco se llega a un monto ahorrado de 232 132.36 nuevos soles y en el caso del estrato húmedo, a un monto de 274 110.42 nuevos soles, con respecto al presupuesto base escogido.

Gráfico 4. 14 % Ahorrado por cada método de extracción



FUENTE: Elaboración propia

El porcentaje ahorrado haciendo uso de los diferentes métodos de extracción con respecto al presupuesto base son: 30.91 % y 36.50%, usando el método del estrato seco y el método del estrato húmedo, respectivamente. Ya se ha explicado los motivos por los que el método del estrato húmedo genera mayores ahorros, teniendo que ver con el proceso de humedecimiento que se lleva a cabo antes de la explotación.

V CONCLUSIONES

Tomando como referencia al objetivo “Evaluar la forma de explotación de acuerdo a la altura del estrato”, es que se llega a la conclusión que es más económico hacer uso del método del estrato húmedo, debido a que se reduce la incidencia del camión cisterna y motoniveladora, llegando a un porcentaje de ahorro de hasta el 30% con respecto a presupuestos realizados en obras ya existentes a nivel local.

Gráfico 5. 1 Porcentaje de ahorro por cada método de extracción



FUENTE: Elaboración propia

Se muestra el porcentaje de ahorro que se ha tenido haciendo uso del método de explotación de estrato seco y método de explotación de estrato húmedo. Como se mencionó anteriormente. Se llega a un porcentaje de ahorro de hasta el 36.50%.

Gráfico 5. 2 Monto ahorrado por cada método de extracción



FUENTE: Elaboración propia

En referencia al objetivo “identificar el equipo para la explotación de la cantera”. El equipo de explotación de cantera a emplear depende del método que se esté usando. Para el caso del método de estrato seco, se hará uso de un tractor oruga y un cargador frontal. Para el caso del método de estrato húmedo, se hará uso de un camión cisterna y un cargador frontal. Cabe resaltar que para el armado de la zaranda estática, se emplea una retroexcavadora y un cargador frontal.

Con respecto al objetivo “Dosificar la cantidad de agua en el estrato para la explotación”. Se ha concluido que para humedecer un volumen de material de 384 m³ se necesita aproximadamente 37.85 m³ de agua. Este valor fue obtenido en base a la experiencia que se tiene en la explotación de canteras y respaldado por los resultados

de humedad real del suelo e índice de plasticidad, el que no permite pasar de una cantidad de agua tal, ya que el suelo puede llegar a convertirse en lodo muy fácilmente.

Gráfico 5. 3 Volumen de suelo a extraer

1.1.1.- HUMEDAD		
MEDIDAS X ARROCERA		
LARGO	8.00	m
ANCHO	6.00	m
ALTURA	8.00	m
volumen	384.00	m ³

FUENTE: Elaboración propia

Gráfico 5. 4 Cantidad de agua necesaria para humedecer la arrocera

1.1.4 AGUA X ARROCERA			
GALONES	N° VIAJES	COSTO POR VIAJE	TOTAL
5000	2	120	240

GALONES A LITRO	GALONES A M3	M3 DE AGUA
18925	18.925	37.85

FUENTE: Elaboración propia

Tomando como referencia al objetivo “Realizar los análisis correspondientes para asegurar la calidad del material”. Se ha llegado a concluir que el material explotado es de buena calidad para su empleo como material que conformará alguna de las capas estructurales del pavimento, teniendo una máxima densidad seca de 2.220 gr/cm³ al 7.25% de humedad y una resistencia a la abrasión del 17.04%. Si bien es cierto, los ensayos a realizarse para su aplicación en este tipo de estructuras son más, los resultados obtenidos dan una buena referencia del material. Ver el capítulo III. Resultados.

En base al objetivo planteado “controlar la productividad en base a los ciclos de producción de los equipos y los costos operativos de explotación”: Se ha llegado a la

conclusión de que los ciclos de producción haciendo uso del método de estrato seco o el método del estrato húmedo, no varían demasiado. Para el caso de tener un estrato seco, los ciclos de producción son de 60 y para el estrato húmedo son de 59, habiendo una variación únicamente de 1 ciclo de uno con respecto a otro. Aparte de ello, los costos operativos que se llegan a tener al explotar afirmado con el método del estrato seco, es de 4.49 nuevos soles; para el método del estrato húmedo, es de 3.44 nuevos soles, pudiendo llegar a un ahorro del 23.21%. el caso del over no es muy diferente, llegando a costos de explotación de 5.07 y 3.17 respectivamente.

Tabla 5. 1 Tiempo por ciclo y costo por explotar un m3 de suelo de la cantera en estudio por el método húmedo

TIEMPO POR CICLO	TIEMPO (min)	CICLOS	TIEMPO*CICLO (MINUTOS)	HORAS							
	2.44	59.00	144	2.40							
<table border="1"> <tr> <td>HORAS</td> <td>SOLES</td> <td>H*S</td> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>200</td> <td>479.9</td> </tr> </table>						HORAS	SOLES	H*S	2.4	200	479.9
HORAS	SOLES	H*S									
2.4	200	479.9									
COSTO POR M3	SOLES	m3	SOLES/m3								
	479.9	246	1.95								

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 5. 2 Tiempo por ciclo y costo por explotar un m3 de suelo de la cantera en estudio por el método seco

TIEMPO POR CICLO	TIEMPO (min)	CICLOS	TIEMPO*CICLO (MINUTOS)	HORAS							
	2.44	60.00	146.40	2.44							
<table border="1"> <tr> <td>HORAS</td> <td>SOLES</td> <td>H*S</td> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>200</td> <td>488.0</td> </tr> </table>						HORAS	SOLES	H*S	2.4	200	488.0
HORAS	SOLES	H*S									
2.4	200	488.0									

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 5. 3 Costo de explotación por el método del estrato seco y método del estrato húmedo

COMPARACION DE COSTOS ESTRATO HUMEDO - ESTRATO SECO			
MATERIAL	COSTO EH	COSTO ES	DIFERENCIA
AFIRMADO	S/. 3.44	S/. 4.49	S/. 1.04
OVER	S/. 3.17	S/. 5.07	S/. 1.90
MATERIAL	% COSTO EH	% DE AHORRO	
AFIRMADO	76.79	23.21	
OVER	62.52	37.48	

FUENTE: Elaboración propia

VI RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones que se da está relacionada con probar nuevos métodos de explotación de canteras. Existen diversas formas de extracción de minerales no metálicos que aún están siendo probadas y que de alguna forma buscan mejorar la productividad que puede llegar a alcanzar una cantera. Por este motivo, considero fundamental hacer diversas pruebas en las diferentes concesiones que conforman la Tres Tomas, con el objetivo de aumentar las ganancias de cada una de ellas y aprovechar al máximo la vida útil de la cantera.

Es importante identificar qué equipo o maquinaria es necesaria para cualquier tipo de trabajo de explotación de cantera. Sin embargo, una inadecuada consideración de la misma origina enormes pérdidas monetarias. La recomendación radica en que se haga uso de un diseño que involucre las máquinas que son totalmente necesarias de usar, la reducción de tiempos muertos y priorice la eficiencia de explotación que se espera tener para recuperar la inversión hecha en un periodo de tiempo determinado por la misma empresa concesionaria. Se recomienda también que se preste especial atención al mantenimiento y cálculo de horas trabajables de las diferentes máquinas de las que se hace uso en la explotación de cantera. Esto se debe a que una falta de productividad de las mismas genera grandes costos operativos y grandes pérdidas en la producción. Tal vez el método empleado pueda estar bien y pueda mejorar las ganancias, pero si no va de la mano con la calidad de equipos o máquinas con los que contamos, esto no se verá reflejado en el estado de cuentas final.

La cantidad de agua de la que se hace uso en el proceso de humedecimiento corresponde a un diseño y a un conjunto de estudios que se realizaron al estrato, pudiendo determinar el IP y los límites líquido y plástico, que nos dieron información acerca del comportamiento del suelo antes una cantidad de agua con respecto al peso del suelo. Por este motivo, la recomendación si es que se quiere usar este método es la de realizar los estudios al suelo correspondientes y necesarios, con el fin de evitar que el suelo se empiece a comportar como un fluido o que esté demasiado duro como para marcar la diferencia de costo esperada.

Los ensayos realizados al suelo no sólo se hicieron para determinar la cantidad de agua necesaria para humedecer el estrato, sino también para saber la calidad, la potencia de material explotable, entre otros aspectos mencionados en el presente trabajo. La recomendación radica en evitar “pensar que se tiene un buen estrato”, se debe de comprobar con estudios certificados la potencia del mismo, el área que abarca, el volumen extraíble e incluso si es que servirá para los fines que la concesión requiere. Si es que esto no es hecho adecuadamente, cabe la posibilidad de que se venda material combinado con greda, que puede traer consecuencias desfavorables a la estructura del pavimento.

Los ciclos de producción de la maquinaria y los costos operativos de explotación, no corresponden al empleo de la maquinaria y ya, sino que corresponde a un diseño de cantera, basado en varios aspectos de producción y rendimiento, así como de desgaste de la maquinaria involucrada. Se recomienda hacer este diseño de cantera si es que se pretende explotar una. Esto, con el fin de recuperar la inversión realizada en el menor tiempo posible y alcanzar rendimientos considerables, que garanticen la máxima ganancia posible.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado Clavijo, N. (2013). Gestión en la producción de agregados para pavimentos, caso Quinua - San Francisco Tramo I. Facultad de Ingeniería. Lima: Universidad Ricardo Palma.

Amstrong, J. R., & Menon, R. (2012). Minas y canteras. En J. Mager Stellman, Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. España: Chantal Dufresne.

Becerra Fernández, A. S., & Ugaz Medina, J. V. (2015). Estudio de la pavimentación de los pueblos jóvenes del sur, del distrito de la Victoria, Provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque. Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

CAT. (2014). Tractor de cadenas D6T. Tractor de cadenas D6T. CAT.

Caterpillar. (31 de Diciembre de 2014). Sistemas de carga principales. Sistemas de carga principales, Guía de selección. Barloworld Finanzauto CAT.

Caterpillar. (2014). Soluciones a los cálculos del presupuesto estimado de los costos de Posesión y Operación (P&O). Costos de posesión y operación, 1-20.

Elperuano. (28 de Junio de 2016). Elperuano. Recuperado el 18 de Julio de 2018, de [www.Elperuano.pe: https://elperuano.pe/noticia-objetivo-a-2021-es-asfaltar-el100-de-red-vial-nacional-44814.aspx](https://elperuano.pe/noticia-objetivo-a-2021-es-asfaltar-el100-de-red-vial-nacional-44814.aspx)

García Trisolini, E. (2009). Manual práctico de mejoramiento de caminos vecinales y construcción de pequeños puentes (25 m). Lima: Fondo Perú - Alemania.

Góngora, J. (2015). Explotación de canteras y su abandono. Biodiversidad, 327-328.

Guerrero Arena, R., & Bravo Cuevas, V. M. (2011). Conceptos básicos de estratigrafía. Ciencia y mar, 55-59.

Guzmán García, A. (2016). Diseño de explotación de cantera Río Granobles, ubicada en el Cantón Caymabe, Provincia de Pichincha. Facultad de ingeniería en geología, minas, petróleos y ambiental. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.

Herrera Herbert, J. (2006). Métodos de minería a cielo abierto. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Horna Vigil, J. L. (2015). Diseño de la carretera Km 30 + 850 interoceánica norte - CIP. Tierra Rajada, Distrito de Olmos, Provincia Lambayeque, Región Lambayeque. Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y Arquitectura. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

INGEMMET. (2009). Evaluación Pesem 2do Semestre. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

Luna, J. (2015). El impacto ambiental por la actividad de explotación de canteras en la localidad de USME y sus principales medidas de manejo. Bogotá: Universidad Militar Nueva de Granada.

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2011). Proyecto de infraestructura vial de transporte nacional. Lambayeque: MTC.

Munier, N. (2008). Planeamiento y control de producción. Buenos Aires: Astrea.

OMS, & OPS. (2014). Suministro de agua mediante camión cisterna. Notas técnicas sobre agua, saneamiento e higiene en emergencias, 6 - 10.

Perú21. (4 de Julio de 2017). Perú21. Recuperado el 18 de Julio de 2018, de [www.Perú21.pe: https://peru21.pe/economia/89-9-carreteras-pavimentadas-nivel-departamental-85563](https://peru21.pe/economia/89-9-carreteras-pavimentadas-nivel-departamental-85563)

Piérola Vera, D. (2015). Optimización del plan de minado de cantera de caliza La Unión, distrito de Baños del Inca. Facultad de Ingeniería de Minas. Cajamarca: Universidad Nacional del Altiplano.

Ramírez Rojas, M. I. (2008). Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Taype Matamoros, E. (2016). Diseño de explotación de cantera para agregados, Distrito de Huayucachi. Facultad de Ingeniería Civil. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Trébol, C. (2011). Estudio definitivo para la culminación de la construcción de la autopista Pimentel - Chiclayo. Chiclayo: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Trisolini, E. (2009). Manual práctico de mejoramiento de caminos vecinales y construcción de pequeños puentes (25m.). Lima: Fondo Perú - Alemania, deuda por el desarrollo.

Velázquez Mastretta, G. (2009). Administración de los sistemas de producción. México: Limusa Noriega Editores.

VIII ANEXOS

10.1 ANEXO 1 – TABLAS

Anexo 1. Tabla 1. 2 Características de los suelos como sub rasante

Clasificación General	Suelos granulosos							Suelos finos					
	35% máximo que pasa por tamiz de 0,08 mm.							más de 35% pasa por el tamiz de 0,08 mm.					
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		
A1-a	A1-b	A2-4		A2-5	A2-6	A2-7	A7-5				A7-6		
Análisis granulométrico													
% que pasa por el tamiz de:													
2 mm.	Máx. 50		Min. 50										
0,5 mm.	Máx. 30	Máx. 50		Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35
0,08 mm.	Máx. 15	Máx. 25	Máx. 10										
Limites Atterberg				Máx. 40	Min. 40	Máx. 40	Min. 40	Máx. 40	Máx. 40	Máx. 40	Min. 40	Min. 40	Min. 40
Límite de liquidez	Máx. 6	Máx. 6		Máx. 10	Máx. 10	Min. 10	Min. 10	Máx. 10	Máx. 10	Min. 10	Min. 10	Min. 10	Min. 10
Índice de plasticidad											IP<LL-30	IP<LL-30	IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	Máx. 4	Máx. 4	Máx. 8	Máx. 12	Máx. 16	Máx. 20	Máx. 20	Máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Estimación general del suelo como sub-rasante	De excelente a bueno						De pasable a malo						

10.2 ANEXO 2 – FOTOGRAFÍAS

Anexo 2. Fotografía 10. 1 Cargador frontal colocando material sobre zaranda estática



FUENTE: Elaboración propia

Anexo 2. Fotografía 10. 2 Suelo de la cantera Inproconsa



FUENTE: Elaboración propia

Anexo 2. Fotografía 10. 3 Zona de explotación de material



FUENTE: Elaboración propia

Anexo 2. Fotografía 10. 4 Levantamiento topográfico



FUENTE: Elaboración propia

10.3 ANEXO 3 - IMÁGENES

Anexo 3. Imagen 3. 1 Resultados de ensayo de resistencia a la abrasión AASHTO - T - 96



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
AASHTO - T - 96**

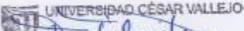
PROYECTO : TESIS : ANALISIS COMPRATIVO DE PRODUCCION DE AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS CON TECNICA DE ESTRATO HUMEDO Y SECO - FERREÑAFE, LAMBAYEQUE 2018
SOLICITANTE : FEDERICO ALBERTO LORREN PALOMINO
RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ
UBICACIÓN : FERREÑAFE - LAMBAYEQUE
FECHA : JULIO DEL 2018

Muestra : CANTERA TRES TOMAS

MUESTRA N°	1	-----	-----
GRADUACION	"A"		
PESO DE MUESTRA	5000		
1 1/2" - 1"	1250		
1" - 3/4"	1250		
3/4" - 1/2"	1250		
1/2" - 3/8"	1250		
3/8" - 1/4"			
1/4" - N° 4			
N° 4 - N° 8			
TOTAL DESGASTE	852		
RET. N° 12			
500 VUELTAS			
RET. N° 12	4148		
% DESGASTE	17,04%		
PROMEDIO			



CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514



Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACION EN GEOTECNIA Y MATERIAS SCS

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

FUENTE: A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS SR LTDA.

Anexo 3. Imagen 3. 2 Resultados del ensayo de CBR y expansión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION

PROYECTO : TESIS : ANALISIS COMPARATIVO DE PRODUCCION DE AFIRMACO CANTERA TRES TOMAS CON TECNICA DE ESTRATO HUMEDO Y SECO - FERREÑAFE, LAMBAYEGUE 2018

SOLICITANTE : FEDERICO ALBERTO LORREN PALOMINO

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACION : FERREÑAFE - LAMBAYEGUE

FECHA : JULIO DEL 2018

Muestra : **III** CANTERA TRES TOMAS

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10336	10422	9997	10084	9843	10083
Peso de Molde (gr.)	5234	5234	4992	4992	5036	5036
Peso del suelo Húmedo (gr.)	5102	5188	4995	5102	4807	5047
Volumen de Molde (cm ³)	2143	2143	2143	2143	2143	2143
Volumen del Disco Espesador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.391	2.421	2.326	2.351	2.243	2.356
CAPSULA Nº	J-8		J-8		J-20	
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	254.02	266.45	260.40	263.05	241.85	274.65
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	236.48	247.54	243.52	241.06	226.63	247.10
Peso de Agua (gr.)	15.54	18.91	16.88	21.99	15.22	27.55
Peso de Cápsula (gr.)	24.12	26.55	23.47	21.56	18.96	20.17
Peso de Suelo Seco (gr.)	214.36	220.99	220.05	220.08	207.67	226.93
% de Humedad	7.25	8.96	7.67	9.12	7.33	12.14
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	2.229	2.230	2.160	2.170	2.090	2.100

ENSAYO DE EXPANSION

TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs									
24 hrs									
48 hrs									
72 hrs									
96 hrs									

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

ENSAYO DE CARGA PENETRACION	LECTURA DIAL	MOLDE 1	56 GOLPES		LECTURA DIAL	MOLDE 2	25 GOLPES		LECTURA DIAL	MOLDE 3	12 GOLPES	
			lbs.	lbs/pulg ²			lbs.	lbs/pulg ²			lbs.	lbs/pulg ²
0.020	44	519.0	173.0	32	375.0	125.0	19	223.0	75.0			
0.040	82	1080.0	340.0	67	780.0	260.0	40	468.0	156.0			
0.060	135	1578.0	526.0	95	1143.0	381.0	59	684.0	228.0			
0.080	177	2070.0	690.0	128	1500.0	500.0	77	897.0	299.0			
0.100	221	2589.0	863.0	160	1875.0	625.0	96	1122.0	374.0			
0.200	361	4221.0	1407.0	261	3087.0	1029.0	158	1830.0	610.0			
0.300	488	5154.0	1718.0	352	3882.0	1294.0	199	2322.0	774.0			
0.400	551	6213.0	2071.0	385	4500.0	1500.0	230	2664.0	888.0			
0.500	583	6474.0	2158.0	401	4689.0	1563.0	240	2802.0	935.0			

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimental Km. 3.5
Tel.: (074) 481-616 Anlx.: 6514



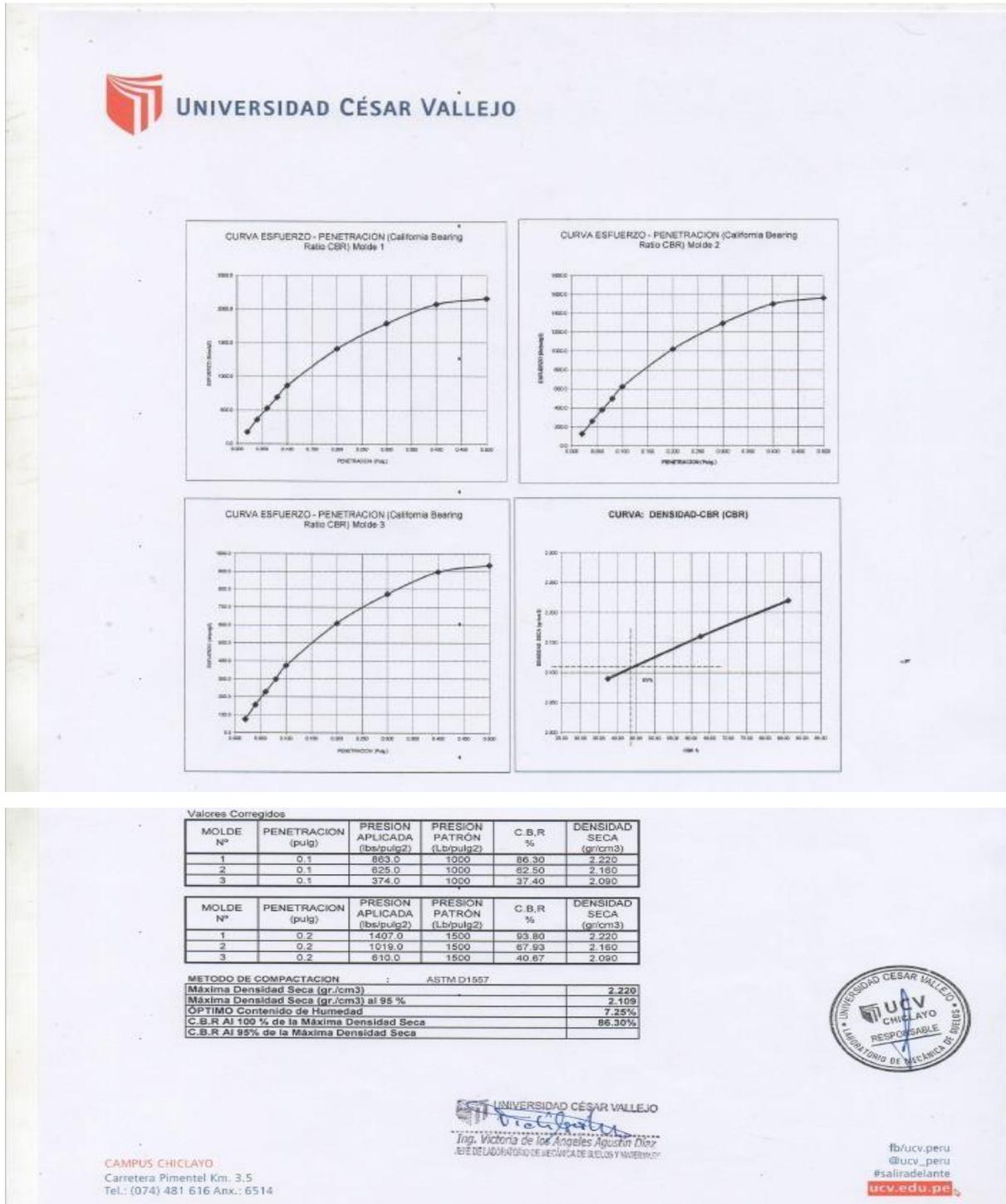
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

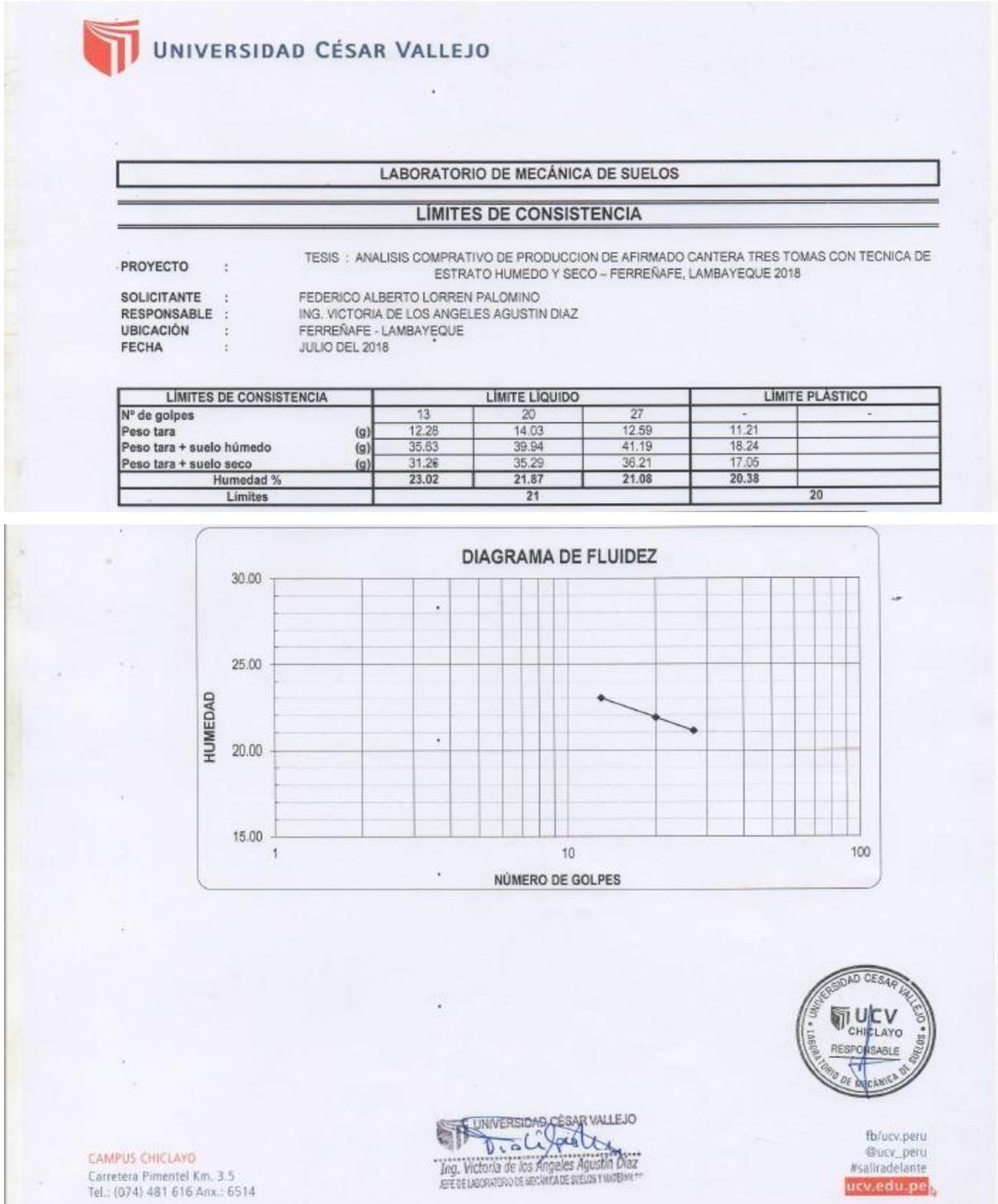
FUENTE: A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS SR LTDA.

Anexo 3. Imagen 3. 3 Gráficas de los resultados del ensayo de CBR y expansión



FUENTE: A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS SR LTDA.

Anexo 3. Imagen 3. 4 Resultados del ensayo de límite de consistencia



FUENTE: A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS SR LTDA.

Anexo 3. Imagen 3. 5 Resultados del ensayo de compactación - Próctor modificado
Método A ASTM D -1557

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PRÓCTOR MODIFICADO
MÉTODO A
ASTM D-1557**

PROYECTO : TESIS - ANALISIS COMPARATIVO DE PRODUCCION DE AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS CON TECNICA DE ESTRATO HUMEDO Y SECO - FERREÑAFE, LAMBAYEQUE 2018

SOLICITANTE : FEDERICO ALBERTO LORREN PALOMINO

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACIÓN : FERREÑAFE - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2018

Muestra : **M1** CANTERA TRES TOMAS

Molde N°	S - 123
Peso del Molde gr.	2650
Volumen del Molde cm ³	2115
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	7113.00	7409.00	7663.00	7620.00		
Peso de Molde (gr.)	2650.00	2650.00	2650.00	2650.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4463.00	4759.00	5013.00	4970.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.11	2.25	2.37	2.35		
CAPSULA N°	1-01	1-02	1-03	1-04	1-05	1-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	195.18	192.38	194.08	205.18		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	192.16	189.40	182.90	189.83		
Peso de Agua (gr)	3.00	5.99	11.18	15.35		
Peso de Cápsula (gr.)	30.02	29.14	19.63	25.71		
Peso de Suelo Seco (gr.)	162.14	160.26	163.27	164.12		
% de Humedad	1.85	4.36	6.85	9.35		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	2.07	2.16	2.22	2.15		

CURVA DE COMPACTACIÓN

Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	2.220
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.25

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
JEFE DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MUESTRA N°

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel.: (074) 481 616 Anx.: 6514

FUENTE: A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS SR LTDA.

Anexo 3. Imagen 3. 6 Resultados del ensayo de análisis mecánico por tamizado
ASTM D - 422

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO
ASTM D-422

PROYECTO : TESIS : ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS CON TÉCNICA DE ESTRATO HUMEDO Y SECO - FERREÑAFE, LAMBAYEQUE 2018

SOLICITANTE : FEDERICO ALBERTO LORREN PALOMINO

RESPONSABLE : ING. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ

UBICACIÓN : FERREÑAFE - LAMBAYEQUE

FECHA : JULIO DEL 2018

DATOS DEL ENSAYO

Muestra : M1 CANTERA TRES TOMAS

Peso de muestra seca : 3672.00

Peso perdido por lavado :

HUMEDAD NATURAL	
Sh + Tara	220.66
Ss + Tara	209.04
Tara	32.78
Peso Agua	11.62
Peso Suelo Seco	176.27
Humedad(%)	6.59

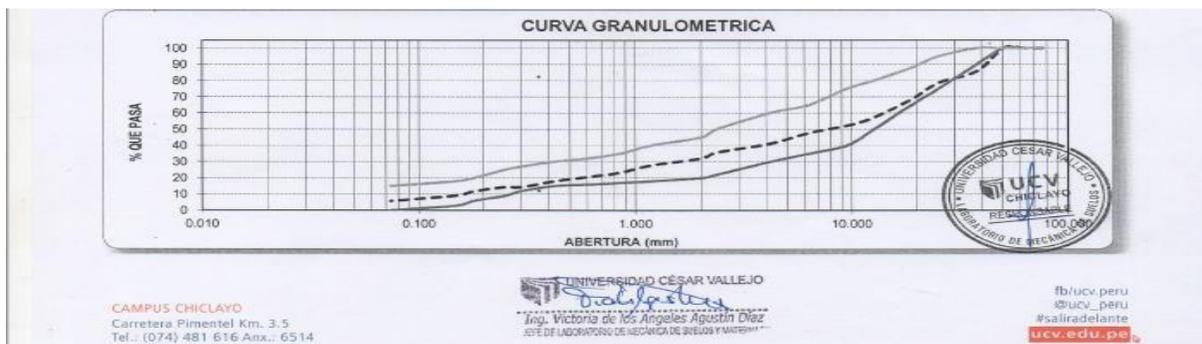
Yamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 21
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 20
1 1/2"	38.100	524.00	14.27	14.27	85.73	Ind. Plástico : 1
1"	25.400	263.00	7.16	21.43	78.57	Clas. SUCS : GW - GM
3/4"	19.050	369.00	10.05	31.48	68.52	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
1/2"	12.700	415.000	11.30	42.78	57.22	
3/8"	9.525	185.000	5.04	47.82	52.18	
1/4"	6.350	163.000	4.44	52.26	47.74	
No#4	4.750	241.000	6.56	58.82	41.18	
8	2.360	202.000	5.50	64.32	35.68	
10	2.000	132.000	3.59	67.92	32.08	
16	1.180	158.000	4.30	72.22	27.78	
20	0.850	163.000	4.44	76.66	23.34	
30	0.600	102.000	2.78	79.44	20.56	
40	0.420	100.000	2.72	82.16	17.84	
50	0.300	126.000	3.43	85.59	14.41	
60	0.250	0.000	0.00	85.59	14.41	
80	0.180	96.000	2.61	88.21	11.79	
100	0.150	95.000	2.59	90.80	9.20	
200	0.074	124.000	3.38	94.17	5.83	
< 200		214.00	5.83	100.00	0.00	
Total		3672.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA DE GRAVA, ARENA Y LIMO

OBSERVACIONES

MATERIA SUB BASE Y BASE CANTERA TRES TOMAS



FUENTE: A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS SR LTDA.

Anexo 3. Imagen 3. 7 Resultados del ensayo del equivalente de arena



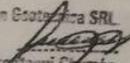
A & C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.
 - Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de Testigos
 - Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras
 Chiclayo: Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral ☎ 074-228448 RPM + 789105
 Piura: Calle Los Eucaliptos Mz. - H Lt. - 6 La Molina Sector II Zona A - ☎ 073-695062
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

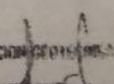
EQUIVALENTE DE ARENA
ASTM - D2419

SOLICITA : INPROCONSA
 CANTERA : TRES TOMAS - M - 3
 MATERIAL : SUB BASE Y BASE
 FECHA : 26/08/2014

Tamaño Máximo mm.	4,75	4,75		
Muestra N°	M - 1	M - 2		
Hora de Entrada	12,37	13,59		
Hora de Salida	12,47	14,09		
Hora de Entrada	12,50	14,15		
Hora de Salida	13,10	14,35		
Altura máx. del mat. Fino cm.	4,2	4,4		
Altura máx. de la Arena cm.	3,0	3,1		
Equivalentes de Arena	71,4	70,5		
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO :	71,0 %			

OBSERVACIONES : _____

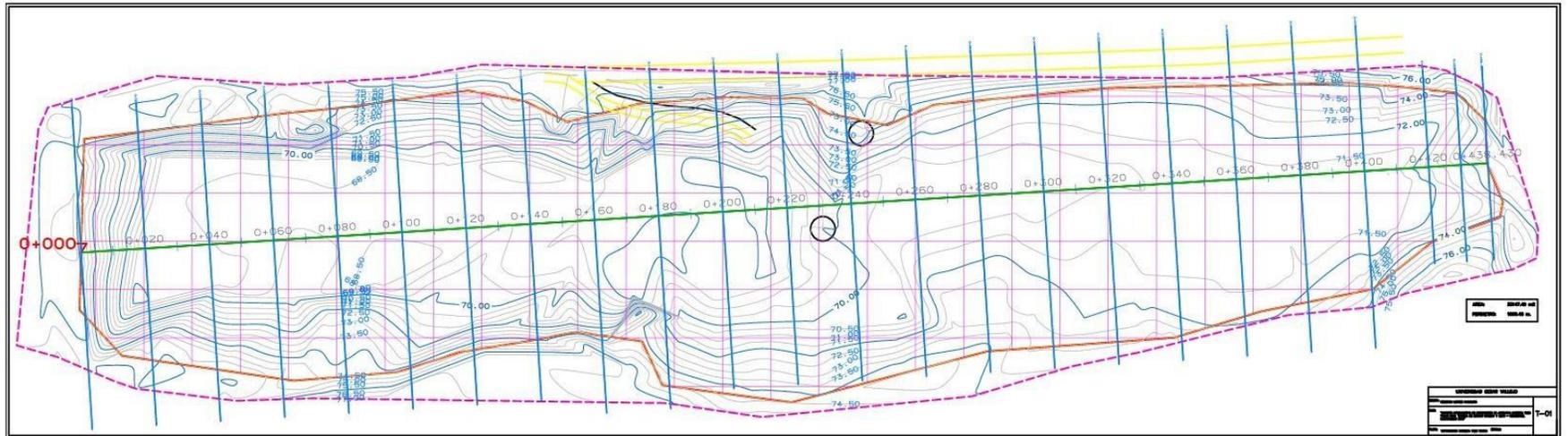
A&C Exploración Geotécnica SRL

 Miguel A. Armatagay Chacón
 LABORADOR

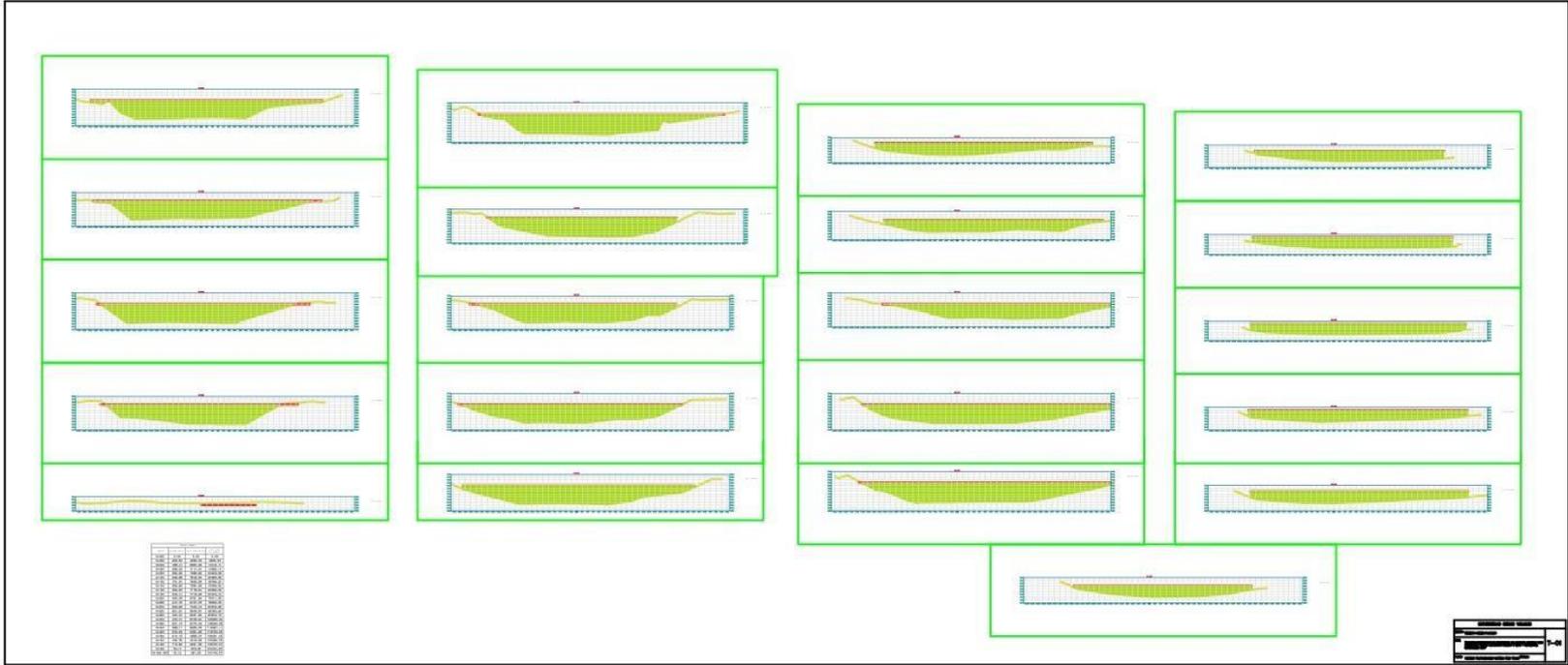
A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

 Jaime Augusto Vergara Ferriz
 INGENIERO CIVIL
 Reg. COP. N° 1735

Reg. Marca INDECOPI - C-00033437

FUENTE: A & C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS SR
LTDA.

10.4 ANEXO 4 – PLANOS







AOT-058-18/UCV-DI-CH

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Dr. Herry Lloclla Gonzales, Director de Investigación, y revisor del trabajo académico titulado: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE AFIRMADO CANTERA TRES TOMAS CON: TÉCNICA DE ESTRATO HÚMEDO Y SECO –FERREFIAFE, IAMBAYEQUE 2018".

Del bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:
LORREN PALOMINO, FEDERICO ALBERTO

Constato que, el citado trabajo académico tiene un índice de similitud del 13%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio; en tanto, cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Pimentel, 11 de Diciembre de 2018.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC
Dr. Herry Lloclla Gonzales
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
CAMPUS CHILAYO



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 07
Fecha : 31-03-2017
Página : 1 de 1

Yo Federico Alberto Lavran Romanzo identificado con DNI N° 16796477
egresado de la Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL de la
Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
"ANALISIS COMPARATIVO DE PRODUCCION DE AFILMADO CONTINUA
TRES TOMAS CON: TECNICA DE ESTRATO HUMEDO Y SECO,
FELERO A-F-E, LOABAYGOTOS 2018".

....."; en el Repositorio
Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el
Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....


FIRMA
DNI: 16796477

FECHA: 20 de 12 del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

EP DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

LORREN PALOMINO FEDERICO ALBERTO

INFORME TÍTULADO:

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE AFIRMADO
CANTERA TRES TOMAS CON: TECNICA DE ESTRATO HÚMEDO Y
SECO- FERREÑAFE, LAMBAYEQUE 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 21/12/2018

NOTA O MENCIÓN: DIECISEIS (16)



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN