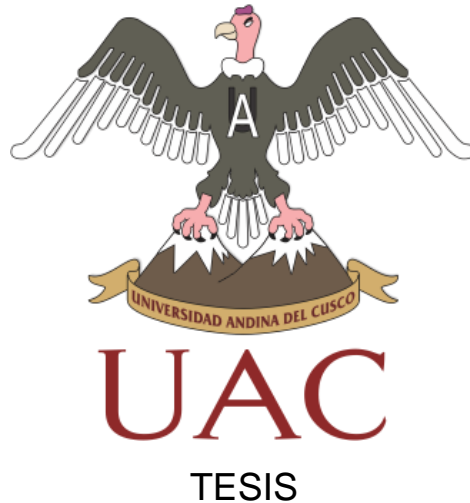




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km
02+700 DE LA RUTA CU-123 SAN JERÓNIMO MAYUMBAMBA, CON
LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE IÓNICO”

Presentado por el Bachiller:

- Xavier Enoc Núñez Huamán

Para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

- Ing. Flavio Martin Ortiz Salas.

CUSCO-PERÚ

2015



DEDICATORIA.

Este trabajo de investigación es dedicado a Dios, que me han guiado a lo largo de toda mi vida, otorgándome la necesidad de superar todas mis pruebas.

A mis Padres, Tito Núñez Valencia y Vilma Huamán Bravo
Por haberme inculcado los valores mediante el ejemplo, convirtiéndose en la fuerza necesaria para afrontar caminos difíciles. Sin su amor y apoyo fuera imposible alcanzar esta meta.

Mil gracias.

A mis Hermanos, Pavel, Caled y Fabricio
Por compartir mis triunfos y alegrías, por brindarme su apoyo siempre que lo he necesitado
Gracias por todo.

A mi enamorada, Anghy y familia por brindar momentos especiales dentro de mi vida.

A mis, Abuelos, Tíos, Primos, sobrinos y familia en general.
Con mención especial a mi Tío Guimo, por guiarme desde el cielo en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis Amigos, un agradecimiento especial a cada uno de ustedes por compartir momentos inigualables que llevare grabados en mi memoria para siempre.

Con cariño,
Xavier Enoc Núñez Huamán



AGRADECIMIENTO.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que se involucraron junto con migo es este trabajo de investigación, gracias a su colaboración pude culminar exitosamente este meta.

A DIOS:

Por haberme dado las fuerzas necesarias para culminar con éxito esta prueba, esta meta.

A MIS PADRES Y HERMANOS:

Por su apoyo incondicional a lo largo de este camino estudiantil, por estar presente en los momentos difíciles y por todo el amor que nos brindaron.

A MI ASESOR:

Ing. Flavio Martin Ortiz Salas, por toda la colaboración brindada durante la elaboración de este proyecto, por su valiosa guía y asesoramiento, por el tiempo dedicado y las enseñanzas brindadas.

A MIS DOCENTES:

A todos mis mentores ingenieros de la Facultad de Ingeniería Civil por todo el apoyo, dedicación y enseñanzas brindadas a lo largo de nuestra carrera, por motivarnos constantemente y enseñarnos a conquistar cada vez metas más grandes.

A MIS JURADOS DICTAMINANTES:

Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez e Ing. Einer Román Villegas, por ser filtros esenciales para presentar este trabajo de investigación, por el apoyo, por su tiempo, y disposición y enseñanzas brindadas.



A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Por su compañerismo, por las ganas de superación por su cariño y amistad incondicional.



RESUMEN.

La presente investigación busca mejorar las propiedades físico mecánicas del suelo del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU - 123, San Jerónimo – Mayumbamba, adicionándole aditivo de característica ionizante llamado (CON-AID),

Para el desarrollo experimental del trabajo de investigación, se realizó los ensayos de laboratorio adicionando aditivo químico CON-AID al 15%, 30%, 45% y 60% para determinar la plasticidad del suelo, el grado de compactación, la capacidad de soporte CBR, y costos del suelo estabilizado.

Logrando así demostrar que al incrementar aditivo iónico al material de cantera Km 02+700 se obtuvo incrementos del grado de compactación de dicho material, también se demostró que se incrementa la capacidad de soporte CBR en un 244.35 % al añadir un 60% de aditivo CON – AID.



ABSTRACT

This research seeks to improve physical and mechanical properties of soil material from the quarry Km 2 + 700 San Jeronimo - Mayumbamba , of the CU -123 route adding to this ionizing additive (CON- AID)

For the experimental development of research, laboratory testing was performed by adding chemical additive CON- AID 15%, 30 %, 45 % and 60 % to determine soil plasticity, the degree of compaction, bearing capacity CBR and costs stabilized soil.

Thus achieving demonstrate that increasing ionic additive quarry material 02 + 700 Km this demonstrate increments bearing capacity of the material was obtained, also shown to increase the bearing capacity CBR in 244.35 % is increased by adding a 60 % additive CON - AID.



INTRODUCCIÓN

En estos tiempos, está en boga hablar de liderazgo, innovación, investigación e iniciativa pero sin embargo, la mayoría de nosotros no aplicamos ni las llevamos a la práctica ni mucho menos a la teoría, esta responsabilidad no recae únicamente en nuestras autoridades o representantes.

Sino también en nosotros y con mayor rigor en los estudiantes y profesionales jóvenes, los cuales tenemos la obligación de innovar, crear, desarrollar nuevas prácticas y tecnologías.

Es así que el presente trabajo de investigación es un esfuerzo por innovar en la tecnología de estabilización del suelo, con el fin último de aportar en el desarrollo de la ciencia y la tecnología y por ende en nuestra polarizada sociedad.

La investigación que se llevará a cabo tiene como objetivo incrementar la capacidad de soporte CBR, grado de compactación, plasticidad del material, de cantera 2+700Km del tramo San Jerónimo – Mayumbamba de la carretera CU-123 adicionando a este material estabilizante iónico.



ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....19

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. 19

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. 19

1.1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA. 20

1.1.2. DESCRIPCIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA. 21

1.1.2.1. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA..... 21

1.1.2.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS..... 22

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN. 22

1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA. 22

1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL..... 23

1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD. 23

1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA. 23

1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN. 24

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN..... 24

1.4.1. OBJETIVO GENERAL..... 24

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 24

1.5. HIPÓTESIS. 25

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL..... 25

1.5.2. SUB HIPÓTESIS..... 25

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES..... 26

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES. 26

1.6.1.1. DEFINICIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE..... 26

1.6.1.1.1. Material de Cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba. 26



1.6.1.1.2.	Estabilizante iónico (CON-AID).....	26
1.6.1.2.	DEFINICIÓN DE INDICADOR INDEPENDIENTE.....	26
1.6.1.2.1.	Propiedades físico-mecánicas del Material de cantera.	26
1.6.1.2.2.	Cantidad de estabilizante iónico.....	26
1.6.2.	VARIABLES DEPENDIENTES.	26
1.6.2.1.	DEFINICIÓN DE LA PRIMERA VARIABLE DEPENDIENTE.	26
1.6.2.1.1.	Plasticidad del suelo estabilizado.	26
1.6.2.2.	DEFINICIÓN DE LA SEGUNDA VARIABLE DEPENDIENTE.....	27
1.6.2.2.1.	Grado de compactación del suelo estabilizado.....	27
1.6.2.3.	TERCERA VARIABLE DEPENDIENTE.	27
1.6.2.3.1.	Capacidad de soporte CBR del suelo estabilizado.....	27
1.6.2.4.	CUARTA VARIABLE DEPENDIENTE.....	27
1.6.2.4.1.	Costos.....	27
1.6.2.5.	DEFINICIÓN DEL INDICADOR DEPENDIENTE.	27
1.6.2.5.1.	PRIMER INDICADOR DEPENDIENTE.....	27
1.6.2.5.1.1.	Índice de plasticidad (IP).....	27
1.6.2.5.2.	SEGUNDO INDICADOR DEPENDIENTE.	27
1.6.2.5.2.1.	Relación de Contenido de agua y Peso unitario seco.	27
1.6.2.5.2.2.	Máxima Densidad Seca.....	27
1.6.2.5.2.3.	Valor de la compactación del suelo.	27
1.6.2.5.3.	TERCER INDICADOR DEPENDIENTE.....	27
1.6.2.5.3.1.	Valor de la capacidad de soporte del material (CBR).....	27
1.6.2.5.4.	CUARTO INDICADOR DEPENDIENTE.	28
1.6.2.5.4.1.	Costos.....	28
1.6.2.5.4.2.	Mano de obra.....	28



1.6.2.5.4.3.	Equipos.....	28
1.6.2.5.4.4.	Materiales.....	28
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....		31
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ACTUAL.....	31
2.1.1.	ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL.....	31
2.1.2.	ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL.....	32
2.2.	BASE TEÓRICO CIENTÍFICAS.....	33
2.2.1.	DEFINICIÓN DE SUELO.....	33
2.2.1.1.	FORMACIÓN DE LOS SUELOS.....	34
2.2.1.1.1.	EROSIÓN IN-SITU.....	34
2.2.1.1.1.1.	CAMBIOS DE TEMPERATURA.....	34
2.2.1.1.1.2.	CRECIMIENTO DE CRISTALES.....	34
2.2.1.1.1.3.	TENSIONES DE LA CORTEZA TERRESTRE.....	35
2.2.1.1.1.4.	EFFECTOS DE LA GRAVEDAD.....	35
2.2.1.1.2.	EROSIÓN POR TRANSPORTE.....	35
2.2.1.1.3.	EROSIÓN QUÍMICA.....	36
2.2.1.1.3.1.	HIDRATACIÓN.....	36
2.2.1.1.3.2.	HIDRÓLISIS.....	37
2.2.1.1.3.3.	DISOLUCIÓN.....	37
2.2.1.1.3.4.	OXIDACIÓN.....	37
2.2.1.2.	SUELO COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL.....	37
2.2.1.3.	PROPIEDADES ELEMENTALES DE LOS SUELOS.....	40
2.2.1.3.1.	GRANULOMETRÍA.....	40
2.2.1.3.2.	RELACIONES VOLUMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS DE LOS SUELOS.....	42
2.2.1.3.2.1.	POROSIDAD (n).....	42



2.2.1.3.2.2.	RELACIÓN DE VACÍOS (e).....	43
2.2.1.3.3.	CONTENIDO DE HUMEDAD.....	43
2.2.1.3.4.1.	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SOLIDAS (G _s).	44
2.2.1.3.4.2.	PESO ESPECÍFICO SECO DE UN SUELO (γ _d).....	44
2.2.1.3.4.3.	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL SUELO (γ).	45
2.2.1.3.4.4.	PESO ESPECÍFICO SATURADO (γ _{sat}).....	45
2.2.1.3.4.5.	PESO ESPECÍFICO SUMERGIDO (γ _{sum} o γ').	46
2.2.1.3.5.	GRADO DE SATURACIÓN.	46
2.2.1.3.6.	PLASTICIDAD (LÍMITES DE ATTERBERG).....	47
2.2.1.3.6.1.	LIMITE LÍQUIDO.....	48
2.2.1.3.6.2.	LIMITE PLÁSTICO.	48
2.2.1.3.6.3.	LIMITE DE RETRACCIÓN.	48
2.2.1.3.6.4.	ÍNDICE DE PLASTICIDAD.....	49
2.2.1.3.7.	COMPACTACIÓN DE SUELOS.	49
2.2.1.3.7.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD.....	50
2.2.1.3.7.2.	ENERGÍA Y MÉTODO DE COMPACTACIÓN EMPLEADO.....	51
2.2.1.3.8.	CBR O RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA.	53
2.2.1.3.9.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS.	55
2.2.1.3.9.1.	CLASIFICACIÓN ASTM.....	55
2.2.1.3.9.2.	CLASIFICACIÓN AASHTO.	59
2.2.2.	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	63
2.2.2.1.	TIPOS DE ESTABILIZACIÓN.	64
2.2.2.1.1.	ESTABILIZACIÓN FÍSICA.....	64
2.2.2.1.2.	ESTABILIZACIÓN QUÍMICA.....	65
2.2.2.1.3.	ESTABILIZACIÓN MECÁNICA.....	66



2.2.3. ESTABILIZANTE PROPUESTO..... 66

2.2.3.1. ESTABILIZANTE QUÍMICO CON-AID. 66

2.2.3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL ESTABILIZANTE CON-AID..... 67

2.2.3.1.1.1. AUMENTA DE LA DENSIDAD DEL SUELO..... 67

2.2.3.1.1.2. REDUCE EL ESFUERZO DE COMPACTACIÓN Y HACE MÁS FÁCIL TRABAJAR EL SUELO..... 67

2.2.3.1.1.3. FASES DEL ESTABILIZANTE CON-AID. 67

CAPITULO 3: METODOLOGÍA.....70

3.1. METODOLOGÍA DE LA TESIS..... 70

3.1.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN..... 70

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN. 70

3.1.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN. 71

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... 71

3.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO..... 71

3.2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... 72

3.2.3. DISEÑO DE INGENIERÍA. 72

3.2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA. 74

3.2.5. POBLACIÓN..... 74

3.2.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN..... 74

3.2.5.2. CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN. 74

3.2.6. MUESTRA..... 75

3.2.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA. 75

3.2.6.2. CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA. 76

3.2.6.3. MÉTODO DE MUESTREO..... 77

3.2.6.4. CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA..... 78

3.2.7. CRITERIO DE INCLUSIÓN..... 78



3.3.	INSTRUMENTOS.....	78
3.3.1.	INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS.....	78
3.3.2.	INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA.....	84
3.3.2.1.	ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.	84
3.3.2.2.	ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO. .	85
3.3.2.3.	ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LIMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS.....	85
3.3.2.4.	ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS MODIFICADO.	86
3.3.2.5.	ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO.....	87
3.4.	PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	98
3.4.1.	EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS.....	98
3.4.1.1.	INSTRUMENTOS.....	98
3.4.1.2.	PROCEDIMIENTOS.	98
3.4.2.	ENSAYOS CON MATERIAL DE CANTERA Km 02+700 DE LA CU 123-SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA EN ESTADO NATURAL.....	101
3.4.2.1.	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS.....	101
3.4.2.1.1.	INSTRUMENTOS.....	101
3.4.2.1.2.	PROCEDIMIENTOS.	101
3.4.2.2.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS.	109
3.4.2.2.1.	ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE SUELOS.	109
3.4.2.2.1.1.	INSTRUMENTOS.....	109
3.4.2.2.1.2.	PROCEDIMIENTOS.	109
3.4.2.2.1.3.	TOMA DE DATOS.	112
3.4.2.2.2.	ENSAYO DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.....	114
3.4.2.2.2.1.	ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO DE SUELOS.....	114



3.4.2.2.2.1.1.	INSTRUMENTOS.....	114
3.4.2.2.2.1.2.	PROCEDIMIENTOS.	114
3.4.2.2.2.1.3.	TOMA DE DATOS.	116
3.4.2.2.2.2.	ENSAYO DE LIMITE PLÁSTICO DE SUELOS.....	117
3.4.2.2.2.2.1.	INSTRUMENTOS.....	117
3.4.2.2.2.2.2.	PROCEDIMIENTOS.	117
3.4.2.2.2.2.3.	TOMA DE DATOS.	119
3.4.2.3.	ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS MODIFICADO.	120
3.4.2.3.1.	INSTRUMENTOS.....	120
3.4.2.3.2.	PROCEDIMIENTOS.	120
3.4.2.3.3.	TOMA DE DATOS.	124
3.4.2.4.	ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DE SUELOS.....	125
3.4.2.4.1.	INSTRUMENTOS.....	125
3.4.2.4.2.	PROCEDIMIENTOS.	126
3.4.3.	ENSAYOS CON MATERIAL DE CANTERA Km 02+700 DE LA CU 123-SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE IÓNICO (CON-AID).	138
3.4.3.1.	ENSAYO DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.....	140
3.4.3.1.1.	ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO DE SUELOS.	140
3.4.3.1.1.1.	INSTRUMENTOS.....	140
3.4.3.1.1.2.	PROCEDIMIENTOS.	140
3.4.3.1.1.3.	TOMA DE DATOS.	143
3.4.3.1.2.	ENSAYO DE LIMITE PLÁSTICO DE SUELOS.....	146
3.4.3.1.2.1.	INSTRUMENTOS.....	146
3.4.3.1.2.2.	PROCEDIMIENTOS.	146
3.4.3.1.3.	ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS MODIFICADO	151



3.4.3.1.3.1. INSTRUMENTOS..... 151

3.4.3.1.3.2. TOMA DE DATOS. 151

3.4.3.1.4. ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO DE LOS SUELOS..... 155

3.4.3.1.4.1. INSTRUMENTOS..... 155

3.4.3.1.4.2. TOMA DE DATOS. 155

3.5. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS. 160

3.5.1. ANÁLISIS DE DATOS DE MUESTREO Y EXPLORACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 02+700. 160

3.5.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD..... 160

3.5.1.1.1. CONCLUSIONES PARCIALES. 166

3.5.1.2. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA..... 167

3.5.1.2.1. CONCLUSIONES PARCIALES. 168

3.5.1.3. LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 169

3.5.1.4. LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO CON-AID. 170

3.5.1.5. LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 174

3.5.1.6. LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO. 174

3.5.1.7. ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO..... 176

3.5.1.8. ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO..... 177

3.5.1.8.1. CONCLUSIONES PARCIALES. 178



3.5.1.9. ANÁLISIS DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO DE LA CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO..... 179

3.5.1.10. ANÁLISIS DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO DE LA CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO..... 181

3.5.1.10.1. CONCLUSIONES PARCIALES. 188

3.5.1.11. ANÁLISIS DE CBR DEL SUELO DE LA CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 190

3.5.1.12. ANÁLISIS DE CBR DEL SUELO DE LA CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO. 192

3.5.1.12.1. CONCLUSIONES PARCIALES. 200

3.5.1.13. COMPARACIÓN DEL COSTO DEL MATERIAL DE CANTERA Km02+700 AÑADIENDO ADITIVO CON-AID COMPARADO CON LA CANTERA Km 67+750. 202

3.5.1.13.1. CONCLUSIONES PARCIALES 205

CAPITULO IV: RESULTADOS.....206

4.1. RESULTADO GENERAL. 206

4.2. PRIMER RESULTADO. 207

4.3. SEGUNDO RESULTADO..... 208

4.4. TERCER RESULTADO. 212

4.5. CUARTO RESULTADO..... 213

CAPITULO V: DISCUSIÓN.214

GLOSARIO.....216

CONCLUSIONES.220

RECOMENDACIONES.....223

REFERENCIAS.224

ANEXOS.....226



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: MAPA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN (MAPA REFERENCIAL). 20

Figura 2: MAPA DE REFERENCIA UBICACIÓN DE LA CANTERA Km 2+700..... 21

Figura 3: EROSIÓN POR TRANSPORTE DEL SUELO..... 36

Figura 4: MUESTRA DE SUELO QUE MUESTRA LAS RELACIONES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS. 42

Figura 5: LÍMITES DE ATTERBERG Y ESTADOS DE CONSISTENCIA DE UN SUELO. 47

Figura 6: CURVA TÍPICA DE COMPACTACIÓN..... 51

Figura 7: EFECTO DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN EN LA CURVA PROCTOR. 52

Figura 8: ABACO DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE. 56

Figura 9: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM..... 61

Figura 10: ESTADO NATURAL DEL SUELO MAS AGUA ADSORBIDA. 68

Figura 11: ACCIÓN DE CON – AID: ELIMINACIÓN DE AGUA ADSORBIDA..... 68

Figura 12: ESTADO FINAL ANTES DE LA COMPACTACIÓN. 69

Figura 13: CAPA ESTABILIZADORA..... 69

Figura 14: BALANZA. 89

Figura 15: BALANZA. 89

Figura 16: BADILEJO..... 90

Figura 17: BANDEJAS PARA ALMACENAR MATERIAL. 90

Figura 18: COCINA INDUSTRIAL PARA SECADO DE MATERIAL. 91

Figura 19: TARAS PARA ALMACENAR MUESTRAS..... 91

Figura 20: JUEGO DE TAMICES DE MALLA CUADRADA..... 92

Figura 21: HORNO ELÉCTRICO..... 92

Figura 22: MAQUINA PARA TAMIZADO MECÁNICO..... 93

Figura 23: ENVASES PARA ALMACENAR MATERIAL..... 93

Figura 24: CUCHARA DE CASAGRANDE..... 94

Figura 25: POCILLO PARA ENSAYO DE LÍMITES..... 94

Figura 26: PROBETA..... 95

Figura 27: MOLDE PRÓCTOR Y VÁSTAGO..... 95

Figura 28: MOLDES PARA CBR..... 96

Figura 29: PRENSA PARA ENSAYO CBR..... 96



Figura 30: PESAS PARA ENSAYO DE CBR. 97

Figura 31: DEFORMÍMETRO..... 97

Figura 32: VARIAS HERRAMIENTAS..... 98

Figura 33: CANTERA Km 02+700 EN LA RUTA CU-123 SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA..... 99

Figura 34: TOMA DE MUESTRAS DE LA CANTERA Km 02+700 EN LA RUTA CU-123 SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA..... 100

Figura 35: EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE LA CANTERA Km 02+700 EN LA RUTA CU-123 SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA..... 100

Figura 36: PESADO DE LA MUESTRA DE CANTERA Km 02+700 PARA SU DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD. 101

Figura 37: COLOCADO DE LA MUESTRA DE CANTERA Km 02+700 EN EL HORNO PARA SU POSTERIOR PESADO..... 102

Figura 38: CUARTEADO DE MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700. 110

Figura 39: SECADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700. 111

Figura 40: TAMIZADO MECÁNICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km02+700. 112

Figura 41: MEZCLADO DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°40 ADICIONANDO AGUA. 114

Figura 42: PREPARADO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE. 115

Figura 43: PREPARADO DE SUELO MEZCLADO EN LA CUCHARA DE CASAGRANDE. 116

Figura 44: AMASADO DE CILINDROS HECHOS CON SUELO QUE PASA EL TAMIZ N°40..... 118

Figura 45: COLOCADO DE LOS CILINDROS ELABORADOS PARA SU SECADO Y POSTERIOR PESADO. 119

Figura 46: PREPARADO DE MUESTRA DE LA CANTERA Km 02+700 PARA ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO. 121

Figura 47: ADICIÓN DE AGUA A CADA MUESTRA. 122

Figura 48: COMPACTADO DE CADA MOLDE DE PRÓCTOR, EN NÚMERO DE 05 CAPAS DE 56 GOLPES CADA CAPA. 123

Figura 49: ENRASADO DEL ESPÉCIMEN ENSAYADO, PARA SU PESADO Y EXTRACCIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD..... 124

Figura 50: PREPARACIÓN DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA ¾”, PARA SU ENSAYO DE CBR..... 127

Figura 51: PREPARACIÓN DE MOLDES PARA ENSAYO DE CBR..... 128

Figura 52: PREPARACIÓN DE MOLDES PARA ENSAYO DE CBR..... 129

Figura 53: SE REALIZA EL ENRASADO DEL MOLDE ENSAYADO PARA SU POSTERIOR PESADO. 129

Figura 54: PREPARADO DE MOLDES PARA COLOCADO DE PESAS..... 130

Figura 55: COLOCADO DE LA SOBRECARGA Y EL DIAL SOBRE EL MOLDE ANTES DE SUMERGIRLO..... 131



Figura 56: SUMERGIDO DEL MOLDE PREPARADO CON LA SOBRECARGA DURANTE UN PERIODO DE 04 DÍAS..... 132

Figura 57: DESPUÉS DE 04 DÍAS SE EXTRAJO LAS MUESTRAS, SE DEJARON DRENAR, PARA SU APLICACIÓN EN LA PRENSA..... 133

Figura 58: PREPARACIÓN DE LA PRENSA PARA SOMETER A LOS MOLDES AL ENSAYO DE CBR..... 134

Figura 59: COLOCACIÓN DE LOS MOLDES EN LA PRENSA CBR PARA ENSAYAR EL MATERIAL..... 135

Figura 60: TOMA DE MUESTRAS PARA CONTENIDO DE HUMEDAD. 136

Figura 61: MEZCLADO DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°40 ADICIONANDO AGUA Y ADITIVO. 141

Figura 62: PREPARADO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE. 142

Figura 63: PREPARADO DE SUELO MEZCLADO EN LA CUCHARA DE CASAGRANDE. 143

Figura 64: AMASADO DE CILINDROS HECHOS CON SUELO QUE PASA EL TAMIZ N°40..... 147

Figura 65: COLOCADO DE LOS CILINDROS ELABORADOS PARA SU SECADO Y POSTERIOR PESADO. 148

Figura 66: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL DE CANTERA Km2+700..... 168

Figura 67: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 169

Figura 68: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%..... 170

Figura 69: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%..... 171

Figura 70: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%..... 172

Figura 71: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%..... 173

Figura 72: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO..... 180

Figura 73: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%..... 182

Figura 74: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%..... 184

Figura 75: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%..... 186

Figura 76: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%..... 188

Figura 77: CURVAS PESO ESPECÍFICO SECO – CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700. 189



Figura 78: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 191

Figura 79: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 191

Figura 80: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%. 193

Figura 81: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%. 193

Figura 82: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%. 195

Figura 83: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%. 195

Figura 84: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%. 197

Figura 85: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%. 197

Figura 86: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%. 199

Figura 87: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%. 199

Figura 88: VALORES DE ENSAYOS DE ATTERBERG. 207

Figura 89: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADICIONAR ADITIVO. 208

Figura 90: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 15%. 209

Figura 91: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 30%. 209

Figura 92: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 45%. 210

Figura 93: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 60%. 210

Figura 94: COMPARACIÓN DE CURVAS DE COMPACTACIÓN..... 211

Figura 95: VALORES DE CBR DE SUELO NATURAL COMPARADO CON SUELO ESTABILIZADO..... 212

Figura 96: COMPARACIÓN DE COSTO DE FLETE DIARIO DE CANTERA..... 213



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: TAMAÑOS DE LA SERIE DE TAMICES ESTÁNDAR ASTM. 40
Tabla 2: VALORES ORIENTATIVOS DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG (HUMEDAD GRAVIMÉTRICA) PARA DIFERENTES SUELOS. 49
Tabla 3: VALORES ORIENTATIVOS DE HUMEDAD ÓPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA DE DISTINTOS SUELOS. 50
Tabla 4: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM. 57
Tabla 5: PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LOS SUELOS EN OBRAS DE INGENIERÍA. 58
Tabla 6: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM. 62
Tabla 7: RELACIÓN DE CANTERA PROVEEDORA DE MATERIAL PARA AFIRMADO EN LA RUTA CU-123 SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA. 74
Tabla 8: MATERIALES DISPONIBLES EN LA CIUDAD DEL CUSCO..... 75
Tabla 9: INSTRUMENTO DE TOMA DE DATOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD. 79
Tabla 10: INSTRUMENTO DE TOMA DE DATOS PARA EL ENSAYO DE GRANULOMÉTRICO. 80
Tabla 11: INSTRUMENTO DE TOMA DE DATOS PARA LIMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD. 81
Tabla 12: INSTRUMENTO DE TOMA DE DATOS PARA EL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO. 82
Tabla 13: INSTRUMENTO DE TOMA DE DATOS PARA EL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO..... 83
Tabla 14: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°01. 103
Tabla 15: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°02. 104
Tabla 16: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°03. 105
Tabla 17: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°04. 106
Tabla 18: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°05. 107



Tabla 19: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°06. 108

Tabla 20: TOMA DE PESOS RETENIDOS DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700. 113

Tabla 21: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700. 117

Tabla 22: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700. 119

Tabla 23: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL. 125

Tabla 24: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL. 125

Tabla 25: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL. 137

Tabla 26: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL. 137

.Tabla 27: DOSIFICACIÓN PROPUESTA PARA LOS DISEÑOS CON ADITIVO CON-AID EN LOS DIFERENTES ENSAYOS. 139

Tabla 28: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%. 144

Tabla 29: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%. 144

Tabla 30: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%. 145

Tabla 31: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%. 145

Tabla 32: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%. 149

Tabla 33: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%. 149

Tabla 34: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%. 150

Tabla 35: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%. 150

Tabla 36: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%. 151

Tabla 37: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%. 152



Tabla 38: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%..... 152

Tabla 39: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%. 153

Tabla 40: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%..... 153

Tabla 41: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%. 154

Tabla 42: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%..... 154

Tabla 43: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%. 155

Tabla 44: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%..... 156

Tabla 45: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%. 156

Tabla 46: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%..... 157

Tabla 47: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%. 157

Tabla 48: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%..... 158

Tabla 49: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%. 158

Tabla 50: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%..... 159

Tabla 51: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%. 159

Tabla 52: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO HOJA N°01. 160

Tabla 53: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°02..... 161

Tabla 54: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°03..... 162

Tabla 55: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°04..... 163



Tabla 56: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°05..... 164

Tabla 57: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°06..... 165

Tabla 58: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700. 166

Tabla 59: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km2+700... 167

Tabla 60: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 169

Tabla 61: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%..... 170

Tabla 62: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%..... 171

Tabla 63: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%..... 172

Tabla 64: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%..... 173

Tabla 65: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 174

Tabla 66: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%..... 174

Tabla 67: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%..... 175

Tabla 68: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%..... 175

Tabla 69: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%..... 176

Tabla 70: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 176

Tabla 71: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%..... 177

Tabla 72: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%..... 177

Tabla 73: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%..... 177

Tabla 74: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%..... 177

Tabla 75: RESULTADO DE LOS ENSAYO DE LIMITES DE ATTENBERG DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700. 178

Tabla 76: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 179



Tabla 77: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%..... 181

Tabla 78: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%..... 183

Tabla 79: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%..... 185

Tabla 80: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%..... 187

Tabla 81: RESULTADO DE LOS ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700. 189

Tabla 82: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO..... 190

Tabla 83: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%. 192

Tabla 84: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%. 194

Tabla 85: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%. 196

Tabla 86: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%. 198

Tabla 87: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO. 200

Tabla 88: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%..... 200

Tabla 89: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%..... 200

Tabla 90: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%..... 201

Tabla 91: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%..... 201

Tabla 92: OBTENCIÓN DE LA DISTANCIA VIRTUAL EN KILÓMETROS. 202

Tabla 93: OBTENCIÓN DEL COSTO DE FLETE DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 MAS LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE CON-AID. 203

Tabla 94: OBTENCIÓN DEL COSTO DE FLETE DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 67+750..... 204

Tabla 95: RESULTADO DEL ENSAYO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ESTABILIZADO CON ADITIVO CON-AID Y COMPARADO CON EL SUELO NATURAL. 206

Tabla 96: COMPARACIÓN DEL COSTO DE FLETE DE LAS DIFERENTES CANTERAS. 213



CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Las vías afirmadas a nivel local y departamental, conforman un porcentaje importante dentro de la red vial departamental del Cusco, y en su gran mayoría se encuentran desatendidas o en mal estado por diversas circunstancias, presentando deformaciones, ahuellamientos, desprendimiento de polvo en exceso; dichas patologías ocasionan el mal estado de la vía. Usualmente para realizar la rehabilitación de la vía se opta por el reemplazo de la capa de afirmado y subrasante con material adecuado o material granular, demandado para tal fin usar una cantera que provea de material granular que cumpla con las características exigidas por el manual de carreteras de bajo volumen de tránsito, y que se encuentre cerca para ahorrar costos en transporte teniendo en cuenta que esta última exige elevados costos.

Atendiendo a dicha circunstancia se observa que existen canteras cercanas a la zona, pero no cumplen con los parámetros exigidos por la norma peruana para la utilización del material, por dicha razón son dejados y no utilizados, actualmente la tecnología ha desarrollado productos que pueden repotenciar las propiedades que aportan los agregados, logrando desarrollar vías en buen estado alarga su vida útil y obteniendo bajo costo de ejecución, operación y mantenimiento.

La presente investigación busca mejorar las propiedades físico mecánicas del suelo del material de la cantera Km 2+700 de San Jerónimo – Mayumbamba, de la ruta CU-123 adicionando a esta, aditivo ionizante (CON-AID), para lograr construir

Figura 2: MAPA DE REFERENCIA UBICACIÓN DE LA CANTERA Km 2+700.



FUENTE: GOOGLE EARTH, Plaza de Chimpahuaylla, a Cantera Km 2+700.

1.1.2. DESCRIPCIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA.

1.1.2.1. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA.

¿En qué medida influye la adición de estabilizante iónico en las propiedades de plasticidad, grado de compactación, capacidad de soporte (CBR) del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba, asimismo evaluar el costo del suelo estabilizado?



1.1.2.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

PRIMER PROBLEMA.

¿La adición de estabilizantes iónico al material de la cantera Km 02+700, modificará su plasticidad?

SEGUNDO PROBLEMA.

¿Mejorará el grado de compactación del material de la cantera Km 02+700 adicionándole estabilizantes iónico?

TERCER PROBLEMA.

¿Cuál será la variación de la capacidad de soporte (CBR) con la adición de estabilizantes iónico al material de la cantera Km 02+700?

CUARTO PROBLEMA

¿Cómo varia el costo del material de la cantera Km 02+700 al adicionar estabilizante iónico?

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.

Como justificación técnica se tiene los resultados obtenidos de la presente investigación los cuales establecen un precedente para la nueva formulación de procedimientos constructivos para la solución de problemas de estabilización de suelos aplicados a la ciudad del Cusco, demostrando además la reducción en costos y operación en la ejecución de los mismos, invitando a la investigación de nuevas técnicas y procedimientos para mejorar las propiedades del suelo.



1.2.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.

La investigación es necesaria desde el punto de vista social, porque en la actualidad aún se mantienen las técnicas basadas en procedimientos antiguos que no se resguardan en la tecnología de vanguardia, que se encuentra al alcance gracias al internet y la mejor simplificación de libros.

Por lo que los conocimientos y técnicas empleados en la presente investigación servirán de precedente para su aplicación de estabilización de suelos con estabilizante iónico en nuestra región del cusco y con mas énfasis a los alumnos de la carrera profesional de ingeniería civil.

1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD.

La presente investigación es viable debido a que cuenta con materiales y equipos necesarios para la realización de pruebas y ensayos, teniendo diferentes accesos a la cantera y contando con disposición del aditivo iónico (CON-AID).

Así mismo se plantea una dosificación en proporción a porcentaje según el peso de agua de material ensayado sin aditivo con tales porcentajes se estabiliza el material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba.

1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA.

Este trabajo de investigación involucra también que se aportará a la renovación de conocimientos tecnológicos en la estabilización, puesto que la aplicación de estabilizante iónico como alternativa de solución para el mejoramiento del comportamiento del material de la cantera Km 2+700 resulta novedosa dentro de nuestro ámbito de estudio e invita a la investigación en el campo de ingeniería geotécnica.



1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

- La investigación se limita al estudio del suelo (con contenido de grabas, limos y arcillas), que provee la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba.
- La investigación se limita a la utilización del aditivo de característica iónica de nombre CON-AID reconocido por la TDM (tecnología de materiales) del Perú, procedente de argentina vendido en lima –Perú (alameda los horizontes 905. Los Huertos de villa. Chorrillos. Telf. 6174700 Fax 6174701.
- El trabajo de investigación se verá afectado a las condiciones ambientales que se presentan en la región del Cusco en general.
- Durante la investigación el factor económico fue una limitante muy importante ya que realizar estudios de mecánica de suelos es ya de por si costoso, añadiéndose también el costo del It de aditivo Con-aid.
- La investigación se limita a no contemplar pruebas químicas de las mezclas de material de cantera Km 02+700 y porcentajes de aditivo ionizante CON-AID.

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar la variación de plasticidad, grado de compactación, capacidad de soporte (CBR) y costo del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba adicionando estabilizante iónico (CON-AID).

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.

Evaluar la plasticidad del material de la cantera Km 02+700, con la adición de estabilizante iónico.



SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.

Determinar el grado de compactación del material de la cantera Km 02+700, adicionando estabilizantes iónico.

TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO.

Analizar la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la cantera Km 02+700, aplicando estabilizantes iónico.

CUARTO OBJETIVO ESPECÍFICO.

Evaluar el costo del material de la cantera Km 02+700 al adicionar estabilizante iónico.

1.5. HIPÓTESIS.

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.

La estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, más la adición de estabilizante iónico, modificara la plasticidad, mejorara el grado de compactación, aumentara la capacidad de soporte (CBR), incrementara significativamente el costo.

1.5.2. SUB HIPÓTESIS.

PRIMERA SUB- HIPÓTESIS.

La adición de estabilizante iónico al material de la cantera Km 02+700 incrementará la plasticidad del suelo.

SEGUNDA SUB- HIPÓTESIS.

La adición del estabilizante iónico aumentará el grado de compactación del suelo de la cantera Km 02+700 de San Jerónimo –Mayumbamba.



TERCERA SUB- HIPÓTESIS.

La adición del estabilizante iónico incrementará la capacidad de soporte (CBR) del material de la cantera Km 02+700 de San Jerónimo –Mayumbamba.

CUARTA SUB- HIPÓTESIS.

Al adicionar estabilizante iónico al material de la cantera Km 02+700 incrementa el costo significativamente.

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES.

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.

1.6.1.1. DEFINICIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE.

1.6.1.1.1. Material de Cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba.

El material de la cantera del Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo-Mayumbamba, material de característica gravosa con contenido de limo.

1.6.1.1.2. Estabilizante iónico (CON-AID).

Aditivo de característica química con propiedad iónica.

1.6.1.2. DEFINICIÓN DE INDICADOR INDEPENDIENTE.

1.6.1.2.1. Propiedades físico-mecánicas del Material de cantera.

Medición o indicador de propiedades que tienen los materiales con el cual se indicara su uso.

1.6.1.2.2. Cantidad de estabilizante iónico.

Peso en LT(litros) de aditivo según la cantidad de m³ a estabilizar.

1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES.

1.6.2.1. DEFINICIÓN DE LA PRIMERA VARIABLE DEPENDIENTE.

1.6.2.1.1. Plasticidad del suelo estabilizado.

Baja o alta plasticidad de suelo con estabilizante o sin estabilizante.



1.6.2.2. DEFINICIÓN DE LA SEGUNDA VARIABLE DEPENDIENTE.

1.6.2.2.1. Grado de compactación del suelo estabilizado.

Baja o alta compactación del suelo con estabilizante por proceso mecánico.

1.6.2.3. TERCERA VARIABLE DEPENDIENTE.

1.6.2.3.1. Capacidad de soporte CBR del suelo estabilizado.

Baja o alta capacidad de soporte del suelo por proceso mecánico.

1.6.2.4. CUARTA VARIABLE DEPENDIENTE.

1.6.2.4.1. Costos.

Valor monetario de consumo, ejercicio de una actividad.

1.6.2.5. DEFINICIÓN DEL INDICADOR DEPENDIENTE.

1.6.2.5.1. PRIMER INDICADOR DEPENDIENTE.

1.6.2.5.1.1. Índice de plasticidad (IP).

Rango e límite plástico según la humedad del material.

1.6.2.5.2. SEGUNDO INDICADOR DEPENDIENTE.

1.6.2.5.2.1. Relación de Contenido de agua y Peso unitario seco.

Cantidad de agua que contienen sus partículas del material.

1.6.2.5.2.2. Máxima Densidad Seca.

Rango de valor de densidad según la cantidad de agua en el material.

1.6.2.5.2.3. Valor de la compactación del suelo.

Bajo o alto valor de soporte del suelo al ser compactado.

1.6.2.5.3. TERCER INDICADOR DEPENDIENTE.

1.6.2.5.3.1. Valor de la capacidad de soporte del material (CBR).

Baja o alta capacidad de soporte del suelo al soportar cargas.



1.6.2.5.4. CUARTO INDICADOR DEPENDIENTE.

1.6.2.5.4.1. Costos.

Precio unitario y/o costo por día u hora.

1.6.2.5.4.2. Mano de obra.

Costo de jornal diario según rendimiento.

1.6.2.5.4.3. Equipos.

Precio unitario del equipo y/o costo de alquiler por día u hora.

1.6.2.5.4.4. Materiales.

Precio unitario del material según su unidad de metrado.

1.6.3. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

	DENOMINACIÓN DE LA VARIABLE.	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE.	NIVEL.	INDICADORES.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.
DEPENDIENTES.	PRIMERA VARIABLE.				
	• Plasticidad del suelo estabilizado.	Determinar el limite líquido , limite plástico e índice de plasticidad del suelo estabilizado.	• Cantidad de Plasticidad del suelo estabilizado.	• Índice de plasticidad (IP).	Espátula, balanza, horno, tamiz, agua destilada, vidrio de reloj, superficie de rodadura, cuchara de Casagrande, etc.
	SEGUNDA VARIABLE.				
	• Grado de compactación del suelo estabilizado.	Determinar en laboratorio la relación entre contenido de agua y peso unitario seco.	• Valor de compactación del suelo estabilizado.	• Relación de Contenido de agua y Peso unitario seco. • Máxima Densidad Seca. • Valor de la compactación del suelo.	Molde cilíndrico, pisón o martillo, balanza, horno, tamices, etc.
	TERCERA VARIABLE.				
• Capacidad de soporte CBR de laboratorio del suelo estabilizado.	Determinar en laboratorio la capacidad de soporte, el ensayo se realiza normalmente sobre el suelo preparado en condiciones de humedad y densidad determinadas	• Valor de la capacidad de soporte CBR de laboratorio del suelo estabilizado.	• Valor de la capacidad de soporte del material (CBR).	Prensa, molde de metal cilíndrico, disco espaciador, pisón de compactación, pesas, balanza, estufa, tamices, etc.	
CUARTA VARIABLE.					
• Costos.	Análisis de costos por medio de precios unitarios y partidas.	• Cantidad de costo unitario.	• Costos • Mano de obra. • Equipos. • Materiales.	Hojas de calculo.	
INDEPENDIENTE.	PRIMERA VARIABLE.				
	• Material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba. • Estabilizante iónico (CON-AID).	• Material de cantera Km 2+700. • El estabilizante es de característica iónica (CON-AID).	• Cantidad de Material de la cantera Km 02+700. • Cantidad en valor de estabilizante iónico (CON-AID).	• Propiedades físico-mecánicas del Material de cantera Km 2+700 • Cantidad de estabilizante iónico.	Guías de observación de campo.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

1.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

PROBLEMA.	OBJETIVOS.	HIPÓTESIS.	VARIABLES.	INDICADOR.	INSTRUMENTO.	FUENTE.
PROBLEMA GENERAL. ¿En qué medida influye la adición de estabilizante iónico en las propiedades de plasticidad, grado de compactación capacidad de soporte (CBR) del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba asimismo evaluar el costo del suelo estabilizado?	OBJETIVO GENERAL. Determinar la variación de la plasticidad, grado de compactación, capacidad de soporte (CBR) y costo del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba adicionando estabilizante iónico (CON-AID).	HIPÓTESIS GENERAL. La estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo Mayumbamba, más la adición de estabilizante iónico, modificará la plasticidad, mejorará el grado de compactación, aumentará la capacidad de soporte (CBR), incrementará significativamente el costo.	VARIABLES INDEPENDIENTE. Material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba. • Estabilizante iónico.	INDICADOR INDEPENDIENTES. • Propiedades físico-mecánicas del Material de cantera. • Cantidad de estabilizante iónico.	Guías de observación de campo.	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	SUB HIPÓTESIS.	VARIABLES DEPENDIENTES.	INDICADOR DEPENDIENTES.	Ensayo MTC E 110 - 2000 Determinación del límite líquido de los suelos.	
PRIMER PROBLEMA. ¿La adición de estabilizantes iónico al material de la cantera Km 02+700, con la adición de estabilizante iónico, modificará su plasticidad?	PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO. Evaluar la plasticidad del material de la cantera Km 02+700, con la adición de estabilizante iónico.	PRIMERA SUB-HIPÓTESIS. La adición de estabilizante iónico al material de la cantera Km 02+700 incrementará la plasticidad del suelo.	PRIMERA VARIABLE DEPENDIENTE. Plasticidad del suelo estabilizado.	INDICADOR DE LA PRIMERA. • Índice de plasticidad (IP).	Ensayo MTC E 111 - 200 Determinación del límite plástico e índice de plasticidad	Registros de laboratorio.
SEGUNDO PROBLEMA. ¿Mejora el grado de compactación del material de la cantera Km 02+700, adicionando estabilizantes iónico?	SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO. Determinar el grado de compactación del material de la cantera Km 02+700, adicionando estabilizantes iónico.	SEGUNDA SUB-HIPÓTESIS. La adición del estabilizante iónico aumentará el grado de compactación del suelo de la cantera Km 02+700 de San Jerónimo -Mayumbamba.	SEGUNDA VARIABLE DEPENDIENTE. Grado de compactación del suelo estabilizado.	INDICADOR DE LA SEGUNDA VARIABLE DEPENDIENTE. • Relación de Contenido de agua y Peso unitario seco. • Máxima Densidad Seca. • Valor de la compactación del suelo.	Ensayo MTC E 115 - 2000 Compactación de suelos en laboratorio utilizando una eregria modificada.	Libros especializados Internet
TERCER PROBLEMA. ¿Cuál será la variación de la capacidad de soporte (CBR) con la adición de estabilizantes iónico al material de la cantera Km 02+700?	TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO. Analizar la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la cantera Km 02+700, aplicando estabilizantes iónico.	TERCERA SUB-HIPÓTESIS. La adición del estabilizante iónico incrementará la capacidad de soporte (CBR) del material de la cantera Km 02+700 de San Jerónimo -Mayumbamba.	TERCERA VARIABLE DEPENDIENTE. Capacidad de soporte CBR del suelo estabilizado.	INDICADOR DE LA TERCERA VARIABLE DEPENDIENTE. • Valor de la capacidad de soporte del material (CBR).	Ensayo MTC E 132 - 2000 CBR de suelos (laboratorio).	
CUARTO PROBLEMA. ¿Cómo varía el costo del material de la cantera Km 02+700 al adicionar estabilizante iónico?	CUARTO OBJETIVO ESPECÍFICO. Evaluar el costo del material de la cantera Km 02+700 al adicionar estabilizante iónico.	CUARTA SUB-HIPÓTESIS. Al adicionar estabilizante iónico al material de la cantera Km 02+700 incrementa el costo significativamente.	CUARTA VARIABLE DEPENDIENTE. -Costos.	INDICADOR DE LA CUARTA VARIABLE DEPENDIENTE. • Costos • Mano de obra. • Equipos. • Materiales.	Guías de observación de campo y control de materiales y maquinaria.	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ACTUAL.

2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL.

La presente investigación se presenta como una nueva faceta de investigación dentro de nuestra zona de influencia del estudio, cabe mencionar que cuenta con estudios similares anteriormente realizados, los cuales se mencionan:

- En Perú, en la ciudad del Cusco, en la Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingenierías, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en el año 2015 fue presentada una tesis por parte de **CANDÍA TORRES KELY, PAZ OVIEDO ANDERSON**, para optar al título profesional de ingeniero civil, con la tesis de nombre: “**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE UNA BASE ESTABILIZADA CON ADITIVO QUÍMICO MAS CEMENTO CON SUELO DE LA CANTERA KM 126+140 APLICADO EN EL TRAMO ACOMAYO – ACCOS.**” La cual tiene como resumen:

“Analizar y determinar el coeficiente estructural de una base estabilizada con aditivo químico CON-AID mas cemento al 0.5% respecto al peso del material para obtener el cálculo exacto de espesores para la conformación del paquete estructural y de esta manera evitar sub dimensionar o sobre dimensionar el mismo.

De esta manera lograron obtener el valor del coeficiente estructural de 0.14 que garantizara resultados de calidad para futuros proyectos de la región del Cusco donde se empleó este tipo de estabilización.”



- En Perú, Piura, en la Universidad de Piura, Departamento de Ingeniería Civil, en el año 2015 fue presentada una tesis por parte de **RAVINES MERINO, MARÍA ALEJANDRA** denominada “**PRUEBAS CON UN PRODUCTO ENZIMÁTICO COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUELOS EN CARRETERAS**”. La cual tiene como resumen:

“La evaluación y aplicación de un estabilizante Perma-Zyme 22X, como aditivo a base de enzimas orgánicas, para estabilizar los suelos al incrementar la resistencia de suelos finos plásticos arcillosos en las carreteras del Perú.

En la cual se determinó de acuerdo a las pruebas mecánicas se demuestra que existe una tendencia a mejorar las propiedades de los suelos finos plásticos arcillosos; tales como: Aumento del valor de soporte relativo y de la resistencia teniendo la tendencia a la disminución de absorción de agua e hinchamiento en carreteras no pavimentadas.”

2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL.

La presente investigación en mención cuenta con estudios similares de carácter internacional anteriormente detallados, los cuales son los siguientes:

- En Colombia, Bucaramanga, en la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, en el año 2015 fue presentada una tesis por parte de **JESÚS ALBERTO DÍAZ ARIZA, JULIO CESAR MEJÍA VARGAS** denominada: “**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE EL USO DE UN ADITIVO QUÍMICO A BASE DE COMPUESTO INORGÁNICO**”. La cual tiene como resumen:



“La aplicación de un estabilizante químico llamado STABTOS el cual es comercializada en Colombia, la cual se usa para mejorar las propiedades del suelo e incrementar la resistencia de los suelos (ruitoque, Barrancabermeja, Lebrija) suelos finos plásticos arcillosos. En la cual se determinó de acuerdo a las pruebas mecánicas se demuestra que mejoro la resistencia del suelo, incremento el CBR y disminución de absorción de agua.”

2.2. BASE TEÓRICO CIENTÍFICAS.

2.2.1. DEFINICIÓN DE SUELO.

Desde el punto de vista de la ingeniería, suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas. Se diferencia del término roca al considerarse específicamente bajo este término un sustrato formado por elementos que pueden ser separados sin un aporte significativamente alto de energía.

Se considera el suelo como un sistema multifase formado por:

- Fase sólida, que constituyen el esqueleto de la estructura del suelo.
- Fase líquida (generalmente agua).
- Fase gaseosa (generalmente aire) espacios vacíos.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez, (2005), Pág. 51.

Tradicionalmente, el suelo ha sido definido como un “agregado de partículas minerales, a la suma parcialmente cementadas”. Si nos adentramos en el campo de la ciencia y de la técnica esta definición se difumina, adoptando una significación distinta dependiendo de la disciplina que lo estudie, así para un ingeniero geotécnico, el suelo es un material natural que, a diferencia de la roca, presenta una marcada modificación de sus propiedades en presencia de agua.

Luis Bañon Blázquez, (2007), Pág. 02.



2.2.1.1. FORMACIÓN DE LOS SUELOS.

Fundamentalmente, en la formación de los suelos como descomposición de la roca madre, podemos diferenciar en grandes rasgos la Erosión o Degradación que a su vez puede ser Física como también Química o mecánica.

Dentro de estas acciones debemos saber que la primera solamente dará como productor granos de gravas arenas o limos, ya que para las arcillas se requiere de transformaciones químicas.

2.2.1.1.1. EROSIÓN IN-SITU.

2.2.1.1.1.1. CAMBIOS DE TEMPERATURA.

Los efectos del sol en la superficie de la roca actuando sobre la misma durante varias horas del día, hace que la temperatura de la misma se incremente en varios grados y que dicha temperatura además penetre en la masa rocosa. Posteriormente cuando cae el sol la temperatura de la superficie baja en forma brusca, haciendo que entre la parte superficial de la misma y la parte interna, se produzcan un gradiente de temperatura que dilata la roca en distintas magnitudes generando esfuerzos internos de gran magnitud que por una acción repetitiva (varios años) fatiga a la roca y finalmente la rompe.

2.2.1.1.1.2. CRECIMIENTO DE CRISTALES.

Es una de las acciones que se producen en las rocas agrietadas, o micro fisuradas es la penetración del agua libre que luego por la acción de un cambio de temperatura puede congelarse, provocando grandes esfuerzos de compresión en la grieta que la contiene, logrando con ello ensanchar y desgastar a las paredes de la misma.



2.2.1.1.1.3. TENSIONES DE LA CORTEZA TERRESTRE.

Es una de las acciones que suelen ocurrir en la corteza terrestre, y que pueden derivar en la formación de partículas de menor tamaño, son todos los movimientos que se generan tales como los terremotos y que, además, provocan la formación de diaclasas, plegamientos, etc.

2.2.1.1.1.4. EFECTOS DE LA GRAVEDAD.

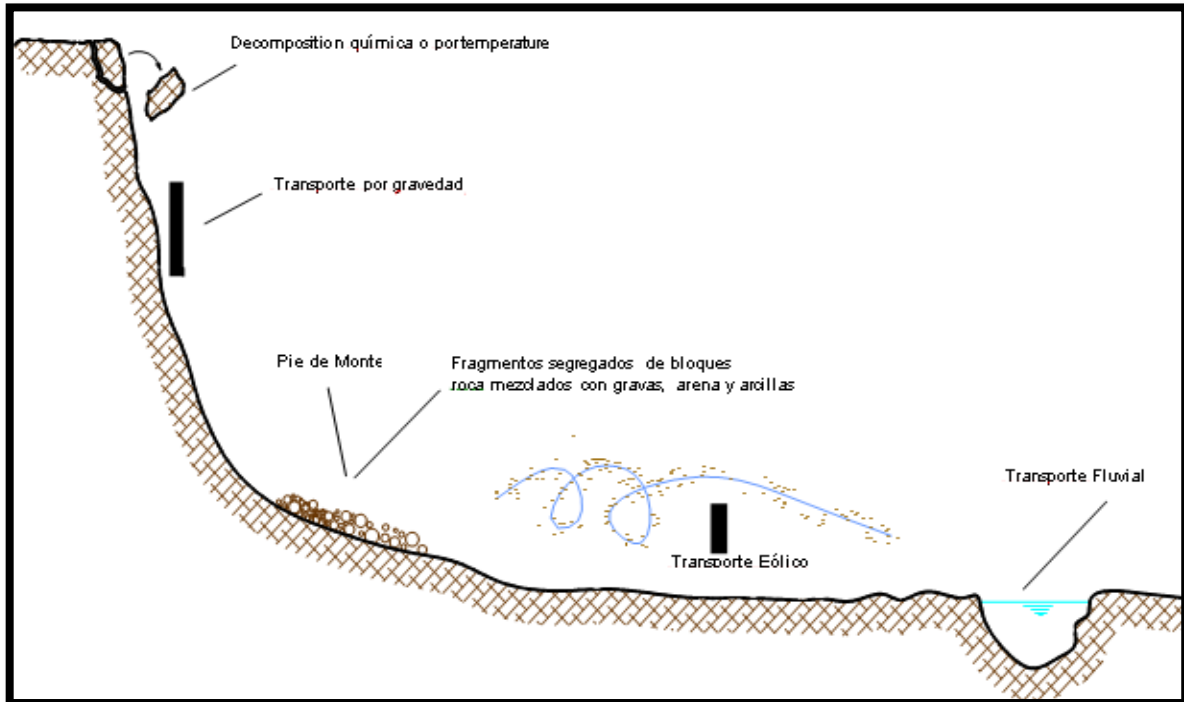
Rotura y desprendimientos de macizos rocosos sin contención lateral, que son arrastrados por acción de la gravedad cayendo de alturas considerables y que por efectos del golpe generan partículas de menor tamaño.

2.2.1.1.2. EROSIÓN POR TRANSPORTE.

La erosión por transporte, tiene una importancia fundamental en la formación de suelos, la misma, además, resulta como la acción repetitiva de muchos años (miles) sobre la misma partícula hasta que la misma se deposita en lo que nosotros imaginamos como disposición final y que sin duda en un futuro, tal vez muy lejano, cambiará.

Dentro de la erosión por transporte podemos mencionar:

- Al agua como transporte fluvial y/o marítimo.
- Al viento con su acción de transporte eólico.
- A los glaciares con su acción de transporte y de grandes presiones.

Figura 3: EROSIÓN POR TRANSPORTE DEL SUELO.

FUENTE: Ing. Julio Roberto Nadeo, Ing. Augusto José Leoni
introducción a algunas propiedades fundamentales de los suelos.

2.2.1.1.3. EROSIÓN QUÍMICA.

La erosión química es la gran generadora de suelos finos y fundamentalmente de las partículas de arcilla. Dentro de este tipo de acción podemos mencionar a las siguientes:

2.2.1.1.3.1. HIDRATACIÓN.

Resulta como consecuencia de la adición de agua a un compuesto químico para formar como conclusión otro compuesto químico, por ejemplo si a la “Anhidrita” le adicionamos agua habremos formado el yeso con un incremento de volumen de 1 a 1,6 veces y desarrollando presiones del orden de los 20 kg/cm² si impedimos el aumento de volumen.



2.2.1.1.3.2. HIDRÓLISIS.

Es la descomposición química de una sustancia por medio del agua, se produce como efecto de que el agua libre, de los climas tropicales de intensa pluviosidad, donde las rocas están formadas fundamentalmente de Silicatos y óxidos de Fe y Al, el agua libre afloja la ligazón con estos elementos y provoca su descomposición.

2.2.1.1.3.3. DISOLUCIÓN.

Aun cuando la Disolución es un fenómeno físico, en la erosión de los suelos y rocas, actúa casi siempre acompañado de una importante combinación y transformación química, por lo tanto, se lo encuadra en este tipo de fenómenos.

Si bien las formaciones calcáreas (roca caliza) son en general poco solubles en agua, (0,065 gr/litros) cuando en el agua de contacto está presente al anhídrido carbónico, el carbonato de calcio es disuelto lentamente en forma de bicarbonato de calcio que puede llegar a una concentración en agua de 160 gr/litros.

2.2.1.1.3.4. OXIDACIÓN.

La oxidación que sufren los óxidos ferrosos liberados debido a la hidrólisis, los lleva a transformarse en óxidos férricos.

Una evidencia de este accionar se da en la erosión química que sufren los basaltos que primeramente se descomponen en Saprófitos de color amarillo y posteriormente por una fuerte oxidación debido al oxígeno disuelto que aportan las lluvias, se transforman en Lateritas con un fuerte color rojo.

2.2.1.2. SUELO COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL.

La mecánica del suelo forma parte de la teoría de las estructuras. En general, se acostumbra a proyectar las estructuras en el esquema simple de que la misma comienza a nivel del suelo de fundación, olvidándose de la parte inferior.



Pero en realidad la estructura está constituida no solo por la parte superior, sino también por la que se encuentra debajo, y ésta debe dimensionarse como parte integrante de la misma, para que resista de manera similar.

El material de fundación es el determinante de aquellos desplazamientos (movimientos diferenciales) que se adoptaron para la determinación de los esfuerzos adicionales en los cálculos realizados en Teoría de las Estructuras, resultantes de los asentamientos provocados por la deformación del suelo.

Cuando se proyecta una estructura es necesario analizar las condiciones de los suelos. Estrictamente, nos interesan las propiedades hidráulicas y las mecánicas: resistencia y deformabilidad, y las propiedades físicas.

Por ejemplo, la resistencia no permitirá dimensionar las bases con un cierto coeficiente de seguridad a la rotura, la deformabilidad indicará cual será la magnitud de los desplazamientos a tener en cuenta a través del tiempo.

El ingeniero utiliza el suelo en las condiciones en que se encuentra en la naturaleza, o bien como materia prima o como material de construcción, y con esa materia prima fabrica un material nuevo (Suelo cal, Suelos cemento, Terraplenes, Diques de materiales sueltos, etc.).

Las propiedades de ese material nuevo, o más bien, la utilidad potencial de la materia prima para producir ese material nuevo de características determinadas, está ligado, por la experiencia, a las propiedades físicas de los suelos. Dicho de otra manera: si se ha empleado un suelo de determinadas características físicas del cual se conoce, por ejemplo, su comportamiento mecánico, se puede, entonces, predecir que utilizando otros suelos de las mismas propiedades físicas, se obtendrán comportamientos similares.

Un tercer propósito no menos importante que los anteriores, se sirve de las propiedades físicas. En fundaciones y mecánicas de suelo, más que en cualquier otra rama de la ingeniería civil, es necesaria la experiencia para actuar con éxito. El proyecto de las estructuras comunes fundadas sobre suelos, o de aquellas destinadas a retener suelos, debe necesariamente basarse en modelos matemáticos que funcionan en entornos muy definidos, así que éstas pueden ser



utilizadas con propiedad, solamente por el ingeniero que posee un bagaje suficiente de experiencia.

Las obras de mayor envergadura, con características poco comunes, suelen justificar la aplicación de métodos científicos en su proyecto pero, a menos que el ingeniero a cargo de las mismas posea una gran experiencia, no podrá preparar inteligentemente el programa de ensayos requeridos ni interpretar sus resultados en la forma debida.

Como la experiencia personal no llega nunca a ser lo suficientemente extensa, el ingeniero se ve muchas veces obligado a basarse en informes sobre experiencias ajenas. Si estos informes contienen una descripción adecuada de las condiciones del suelo, los mismos constituyen una fuente estimable de conocimientos de otro modo, pueden conducir a conclusiones totalmente erróneas.

Por esta razón, uno de los principales propósitos perseguidos para reducir los riesgos inherentes a todo trabajo con suelos, ha consistido en buscar métodos para diferenciar los distintos tipos de suelos de una misma categoría. Las propiedades físicas en que se basa dicha diferenciación se conoce con el nombre de propiedades índice.

La naturaleza de cualquier suelo puede ser alterada si se lo somete a un tratamiento adecuado. Por ejemplo, una arena suelta puede transformarse en densa si se la vibra adecuadamente.

Por eso, el comportamiento de los suelos en el terreno depende no sólo de las propiedades significativas de los granos de su masa, sino que también de aquellas propiedades que tiene su origen en el acomodamiento de las partículas dentro de la misma. De ahí que resulta conveniente dividir las propiedades índices en dos clases:

- Propiedades de los granos del suelo.
- Propiedades de los agregados del suelo.

2.2.1.3. PROPIEDADES ELEMENTALES DE LOS SUELOS.

2.2.1.3.1. GRANULOMETRÍA.

La granulometría indica la distribución por tamaños de partículas de un suelo determinando la curva granulométrica por tamizado en columna de tamices de la serie normalizada. Los tamices que se emplean se acoplan de manera que van disminuyendo sus aberturas de arriba abajo. La muestra se deposita en el tamiz superior y se somete el conjunto de tamices a la acción de un agitador mecánico o manual.

José Javier Márquez, 2006, Pág.05.

Tabla 1: TAMAÑOS DE LA SERIE DE TAMICES ESTÁNDAR ASTM.

mallas N°	abertura (mm)
4	4.75
6	3.35
8	2.36
10	2.00
16	1.18
20	0.85
30	0.60
40	0.43
50	0.30
60	0.25
80	0.18
100	0.15
140	0.11
170	0.09
200	0.08
270	0.05

**FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería
– José Javier Márquez.**



La curva granulométrica sirve para determinar las aberturas por las que pasa el 10, 30 y 60% de suelo.

El análisis granulométrico es un ensayo de identificación del que no se obtendrán índices que expresen cuantitativamente las propiedades mecánicas de un suelo. La granulometría junto con otros ensayos pondrá de manifiesto desde un punto de vista cualitativo cuando dos suelos son similares y cabe esperar un comportamiento semejante.

Son de interés los siguientes parámetros:

- Diámetro eficaz (D10): Abertura del tamiz por la que pasa el 10% de partículas del suelo. Juega un importante papel en el valor de la conductividad hidráulica del suelo.
- Coeficiente de uniformidad: Determina la uniformidad del suelo. Un suelo con $Cu \leq 2$ se considera uniforme, mientras que un valor de $Cu \geq 10$ indica que se trata de un suelo de una granulometría muy diversa.
Siendo D60 la luz del tamiz por la que pasa el 60 % de partículas del suelo.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- Coeficiente de concavidad: Proporciona información sobre si el suelo está bien o mal graduado. Un suelo bien graduado tiene proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla. Si hay tamaños de partícula no presentes estará mal graduado. Un valor cercano a uno indica que el suelo está bien graduado, mientras que valores mucho menores o muchos mayores indican suelos con una granulometría muy diversa. En general los suelos bien graduados se compactan mejor y pueden adquirir permeabilidad y deformabilidad más bajas.



- V_g : Volumen de aire.
- V_w : Volumen de agua.
- V_s : Volumen de sólido.
- V_v, V_p : Volumen de poros.
- V, V_t : Volumen de total.
- W_w : Peso del agua.
- W_s : Peso del sólido.
- W : peso total.

2.2.1.3.2.2. RELACIÓN DE VACÍOS (e).

La relación de vacíos u oquedad (e) se define como el volumen de vacíos entre el volumen de solidos:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Peck, Hanson, Thornburn, (2012), Pág.38.

2.2.1.3.3. CONTENIDO DE HUMEDAD.

Se trata de la humedad gravimétrica.

$$\omega = \frac{W_{H_2O}}{W_s}$$

Siendo W_{H_2O} el peso del agua que contiene el suelo y W_s el peso del suelo seco (peso de las partículas sólidas).

José Javier Márquez, 2006, Pág.08.

2.2.1.3.4. PESO ESPECÍFICO.

De acuerdo a las definiciones del texto de mecánica de suelos y estudios geotécnicos en obras de ingeniería de José Javier Márquez, se tiene las siguientes definiciones de peso específico del suelo:

José Javier Márquez, 2006, Pág.09.

2.2.1.3.4.1. PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS (G_s).

Es el cociente entre el peso de las partículas sólidas y el volumen de partículas sólidas

$$G_s = \frac{W_s}{V_s}$$

El valor de típico de G_s de las arenas es aproximadamente $2,65 \text{ T/ m}^3$ y el de las arcillas entre $2,5$ y $2,9 \text{ T/ m}^3$.

2.2.1.3.4.2. PESO ESPECÍFICO SECO DE UN SUELO (γ_d).

Es el cociente entre el peso de las partículas sólidas y el volumen total.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_T}$$

Sustituyendo y operando se obtiene:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_T} = \frac{G_s V_s}{V_T} = \frac{G_s V_s}{V_s + V_p} = \frac{G_s}{1 + e}$$

2.2.1.3.4.3. PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL SUELO (γ).

Depende del contenido de humedad del suelo.

$$\gamma = \frac{W_T}{V_T} = \frac{W_s + W_{H_2O}}{V_T} = \frac{W_s}{V_T} + \frac{W_{H_2O}}{V_T} = \gamma_d + \frac{W_s \omega}{V_T} = \gamma_d + \gamma_d \omega = \gamma_d (1 + \omega)$$

2.2.1.3.4.4. PESO ESPECÍFICO SATURADO (γ_{sat}).

Es el mayor valor que puede tomar el peso específico saturado y se produce cuando todos los poros están ocupados por agua.

$$\gamma_{sat} = \frac{W_s + W_{H_2O}}{V_T}$$

Teniendo en cuenta que el peso específico del agua es

$$\gamma_w = \frac{W_{H_2O}}{V_{H_2O}} = \frac{W_{H_2O}}{V_p}$$

Se obtiene:

$$\gamma_{sat} = \frac{W_s + \gamma_w V_p}{V_T} = \gamma_d + \frac{V_p \gamma_w}{V_T} = \gamma_d + n \gamma_w = \gamma_d + \frac{V_p}{V_T} \frac{W_{H_2O}}{V_p} = \gamma_d + \frac{W_{H_2O}}{V_T} = \gamma_d (1 + \omega)$$

Puesto que, en este caso, el suelo se encuentra en saturación, el contenido de humedad será (ω_{sat}), por lo que:

$$\gamma_{sat} = \gamma_d (1 + \omega_{sat})$$

2.2.1.3.4.5. PESO ESPECÍFICO SUMERGIDO (γ_{sum} o γ').

Se produce cuando un material está por debajo del nivel freático. Se determina como la diferencia del peso específico saturado y el peso específico del agua.

$$\gamma_{\text{sum}} = \gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = \gamma_d + n \gamma_w - \gamma_w = \gamma_d + \gamma_w (n - 1)$$

2.2.1.3.5. GRADO DE SATURACIÓN.

Es la fracción de poros rellena de agua.

$$S = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_p}$$

José Javier Márquez, 2006, Pág.09.

En suelo seco $S = 0$ y en suelo saturado $S = 1$.

Teniendo en cuenta que

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{W_{\text{H}_2\text{O}}}{\gamma_w} = \frac{\omega W_s}{\gamma_w}$$

Y que

$$G_s = \frac{W_s}{V_s}$$

Obtenemos:

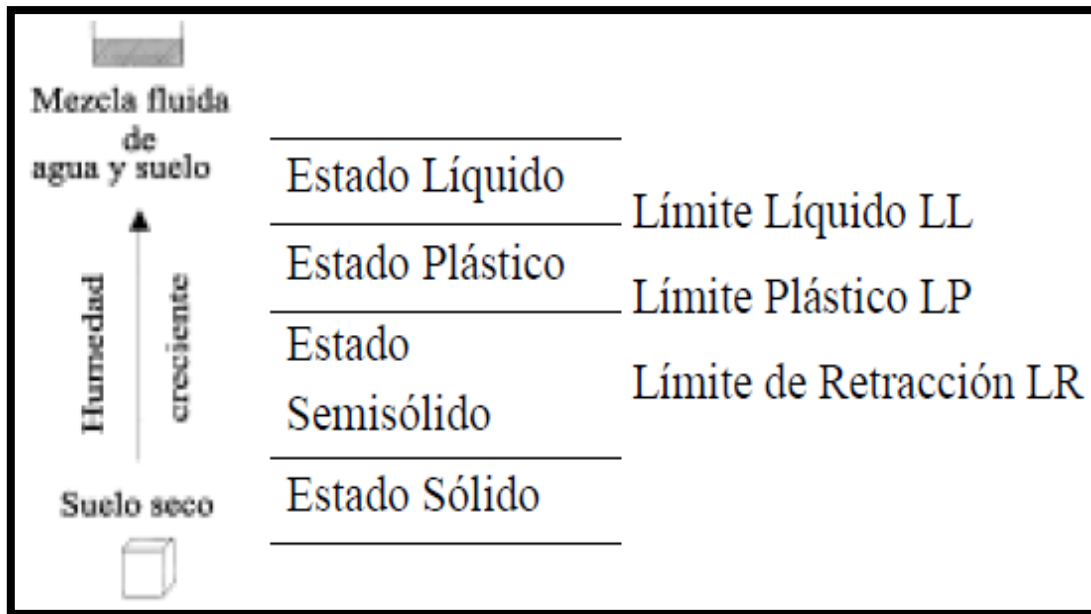
$$S = \frac{\omega W_s}{V_p \gamma_w} = \frac{\omega V_s G_s}{V_p \gamma_w} = \frac{(\omega V_s G_s) / V_s}{(V_p \gamma_w) / V_s} = \frac{\omega G_s}{e \gamma_w}$$

2.2.1.3.6. PLASTICIDAD (LÍMITES DE ATTERBERG).

Los límites de Atterberg dan información sobre el estado de consistencia o coherencia de las partículas de un suelo. El parámetro que regula el estado de coherencia de un suelo es el contenido de humedad y a medida que ésta disminuye el suelo puede pasar por los estados líquido, plástico, semisólido y sólido, estableciéndose entre ellos los límites líquido, plástico y de retracción.

José Javier Márquez, 2006, Pág.09.

Figura 5: LÍMITES DE ATTERBERG Y ESTADOS DE CONSISTENCIA DE UN SUELO.



FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería
– José Javier Márquez

Si tomamos un terrón de suelo arcilloso, seco, presenta un estado sólido que hace difícil desmenuzarlo manualmente. Si sobre este terrón hacemos gotear agua, poco a poco, llega un momento en que se aprecia que se hincha, se ha alcanzado el límite de retracción (LR); si continuamos echando agua, el terrón comienza a



desmenuzarse pero sin poderse moldear, estamos en el estado semisólido, que finaliza en el momento en el cual se obtiene una masa que se amasa fácilmente sin roturas ni desmenuzamiento.

Se ha llegado al límite plástico (LP). Si se sigue añadiendo agua, la masa se va convirtiendo en demasiado moldeable, estamos en el estado plástico, hasta que la masa fluye, llegando al límite líquido (LL), a partir del cual se está en el estado líquido.

Para la determinación de los Límites de Atterberg se utiliza solamente la porción de suelo que pasa por el tamiz de 0,40 mm (nº 40 ASTM).

2.2.1.3.6.1. LIMITE LÍQUIDO.

El límite líquido se determina con el ensayo de la cuchara de Casagrande. En el fondo de una cuchara mecánica se pone una porción de suelo amasado con una cierta cantidad de agua, formando un casquete esférico que se divide en dos partes iguales, con un acanalador normalizado, formando un surco. Se agita la cuchara a razón de dos golpes por segundo, hasta que los bordes del surco en el fondo de la cuchara se unan, y se cuenta el número de golpes para cada diferente porcentaje de humedad. El porcentaje de humedad que corresponde a 25 golpes, es el límite líquido.

2.2.1.3.6.2. LIMITE PLÁSTICO.

El Límite Plástico corresponde a la menor humedad de un suelo que permite realizar con él pequeños cilindros de 3 mm de diámetro.

Si los cilindros se rompen con un diámetro superior a 3 mm, la humedad es inferior al LP y si se rompen con un diámetro inferior, la humedad del suelo supera al LP.

2.2.1.3.6.3. LIMITE DE RETRACCIÓN.

El Límite de Retracción es el contenido de humedad por debajo del cual, una pérdida de agua por secado, no produce una reducción de volumen de suelo.



2.2.1.3.6.4. ÍNDICE DE PLASTICIDAD.

Otro parámetro importante es el Índice de Plasticidad (IP) que es la diferencia entre los límites líquido y plástico e indica el intervalo de humedades entre las cuales el suelo se comporta como un material plástico, es decir mide la plasticidad del suelo.

$$IP = LL-LP$$

Un límite líquido alto indica una alta elasticidad del suelo. Un valor muy alto del índice plástico significa una alta probabilidad de hinchamiento.

La plasticidad se corresponde con otras propiedades del suelo como son la cohesión, la permeabilidad, el entumecimiento o la compresibilidad. No interesa que el material tenga plasticidad porque si se aplica una carga el material se deforma. Es recomendable, por tanto, suelos que tengan comportamiento elástico con deformaciones recuperables por lo que conviene que el IP sea pequeño.

Tabla 2: VALORES ORIENTATIVOS DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG (HUMEDAD GRAVIMÉTRICA) PARA DIFERENTES SUELOS.

TIPO DE SUELO	ARENA	LIMO	ARCILLA
Límite Líquido	15-20	30-40	41-150
Límite Plástico	-	20-25	25-50
Límite de Retracción	dic-18	14-15	ago-35

**FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería
– José Javier Márquez.**

2.2.1.3.7. COMPACTACIÓN DE SUELOS.

La consolidación de un suelo es un proceso natural de disminución de volumen de poros de un suelo, producido por la acción de cargas estáticas durante un período de tiempo amplio.

La compactación es un proceso mecánico cuyo objetivo es reordenar las partículas del suelo para disminuir el volumen de poros y aumentar la densidad.



Consecuentemente se consigue mayor resistencia o capacidad de soporte y menor permeabilidad. Es un proceso fundamental en ejecución de obras como presas de materiales sueltos o terraplenes de caminos o carreteras porque si los materiales no se compactan adecuadamente la resistencia disminuye y hay más probabilidad de que se produzcan fallas.

José Javier Márquez, 2006, Pág.12.

2.2.1.3.7.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.

El ingeniero R. Proctor demostró que para contenidos de humedad crecientes y una determinada energía de compactación, la densidad lograda aumenta ya que el agua actúa como lubricante entre las partículas del suelo, incrementándose la densidad hasta un cierto punto en el cual al seguir añadiendo agua, la densidad empieza a decrecer.

El agua ha dejado de desplazar aire y como es incompresible, empieza a desplazar las partículas de suelo, incrementando el volumen y disminuyendo la densidad.

Para cada suelo existe un contenido en humedad que proporciona la máxima densidad seca.

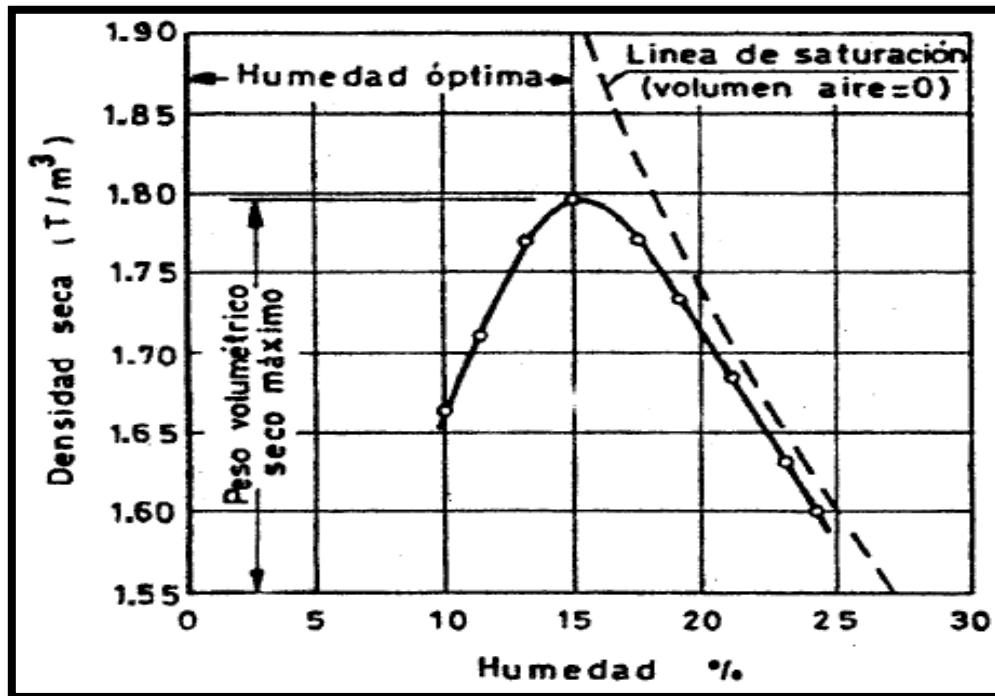
Este es el contenido de humedad óptimo que es el que se debe utilizar en obra cuando se va a compactar un suelo.

Tabla 3: VALORES ORIENTATIVOS DE HUMEDAD ÓPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA DE DISTINTOS SUELOS.

TIPO DE SUELO	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	DENSIDAD SECA (kg/m ³)
Arcilloso	20-30	1450-1700
Limo – Arcilloso	15-20	1600-1850
Areno – Arcilloso	ago-15	1750-2150

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería –
José Javier Márquez.

Figura 6: CURVA TÍPICA DE COMPACTACIÓN.



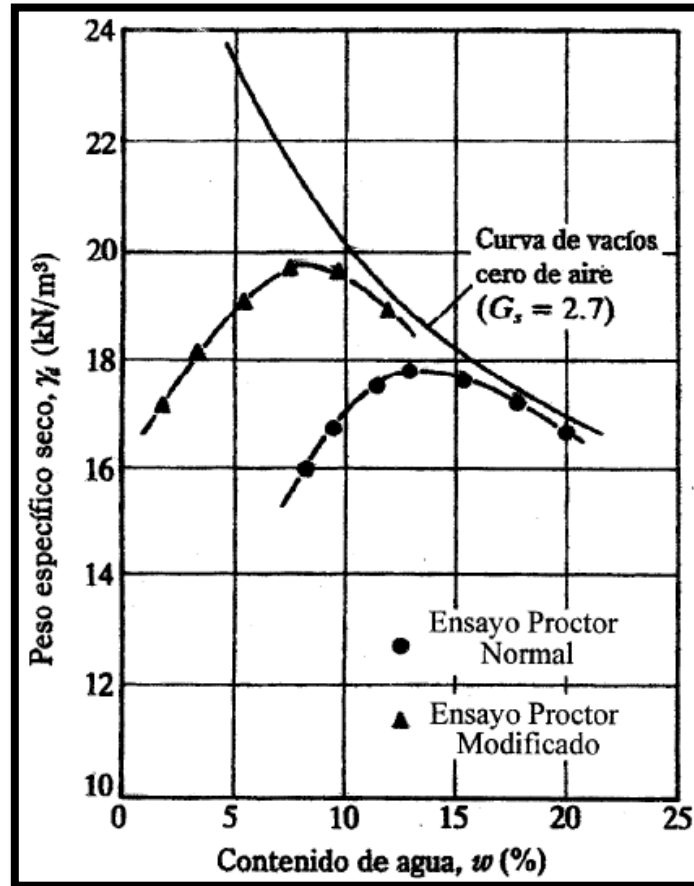
FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería
– José Javier Márquez.

2.2.1.3.7.2. ENERGÍA Y MÉTODO DE COMPACTACIÓN EMPLEADO.

Al aumentar la energía de compactación se obtiene un aumento de la densidad seca máxima y una disminución del contenido óptimo de humedad, lo que produce que la curva Proctor de compactación se traslade hacia la izquierda y hacia arriba.

Esta circunstancia que se produce en el ensayo de Proctor modificado, en el cual se emplea una mayor energía de compactación que en el normal, se aprecia en la siguiente figura.

Figura 7: EFECTO DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN EN LA CURVA PROCTOR.



FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería
– José Javier Márquez.

Los compactadores actuales permiten aplicar una gran energía de compactación por lo que es fácil obtener con un reducido número de pasadas la densidad seca máxima obtenida en laboratorio mediante el ensayo Proctor modificado. Por este motivo, en la mayoría de los casos se exigen grados de compactación referenciados al ensayo Proctor modificado y no al normal.

Existen dos métodos de compactación:



- Aplicación de energía dinámica o por impacto: es un determinado peso que se deja caer a una determinada altura del suelo. Si se aumenta el peso o el número de golpes se incrementa la energía de compactación. En la obra se consigue con rodillos compactadores, tales como los rodillos vibratorios lisos; es el sistema más empleado porque consigue mejores resultados en suelos no coherentes (arcillas).
- Aplicación de energía estática: se trata de cilindros que no vibran y cuya superficie exterior no es lisa sino que tiene unos salientes, como el rodillo de tipo “pata de cabra”. Consiguen remodelar el terreno y aplicar una energía estática. Son los más usados en arcillas.

2.2.1.3.8. CBR O RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA.

El ensayo CBR (la ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.

El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, pero de la aseveración anterior es evidente que este número no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

Joseph E. Bowles, 1980, Pág.190.

El número CBR (o simplemente CBR) se obtiene como la relación de la carga unitaria (en libras por pulgada cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con



respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

En forma de ecuación esta es:

$$\text{CBR} = \frac{\text{carga unitaria del ensayo.}}{\text{carga unitaria patron.}} \times 100\%$$

Joseph E. Bowles, 1980, Pág.190.

De esta ecuación se puede ver que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica, el símbolo de porcentaje se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero, como 3, 45, 98.

El número de CBR usualmente ese basa en la relación de carga para una penetración de 2.5mm. Sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 5.0 mm es mayor, el ensayo debería repetirse (ordinariamente).

Si un segundo ensayo produce un valor de CBR mayor de 5.0mm de penetración, dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo.

PENETRACION		CARGA UNITARIA PATRON.	
mm	pulg	Mpa	psi
2.50	0.10	6.9	1,000
5.00	0.20	10.3	1,500
7.50	0.30	13	1,900
10.00	0.40	16	2,300
12.70	0.50	18	2,600

Joseph E. Bowles, 1980, Pág.190.



2.2.1.3.9. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

La clasificación nos proporciona información cualitativa de las propiedades mecánicas y comportamiento de un suelo. Existen diversos sistemas de clasificación pero nos centraremos en los dos siguientes:

- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, creado por Casagrande e incluido en las normas de la ASTM (American Society for Testing and Materials).
- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

José Javier Márquez, 2006, Pág.15.

2.2.1.3.9.1. CLASIFICACIÓN ASTM.

Se determina a partir de la granulometría, la uniformidad, los límites de Atterberg y el contenido en materia orgánica. En la clasificación se usará únicamente el material pasante por el tamiz de 3”.

El sistema divide los suelos en dos grupos principales, gruesos y finos, en función del pasante por el tamiz n° 200 ASTM. Los suelos de grano grueso se dividen en gravas y arenas según el pasante por el tamiz n° 4 ASTM.

Estas gravas o arenas, a su vez, se clasifican dependiendo del porcentaje de finos que presentan (% del pasante por el tamiz n° 200 ASTM) en limpias y sucias.

Las gravas y arenas limpias se dividen en bien graduadas o mal graduadas en función de los coeficientes C_c y C_u . Las gravas y arenas sucias se diferencian en función del índice de plasticidad y la línea A del ábaco de plasticidad de Casagrande.

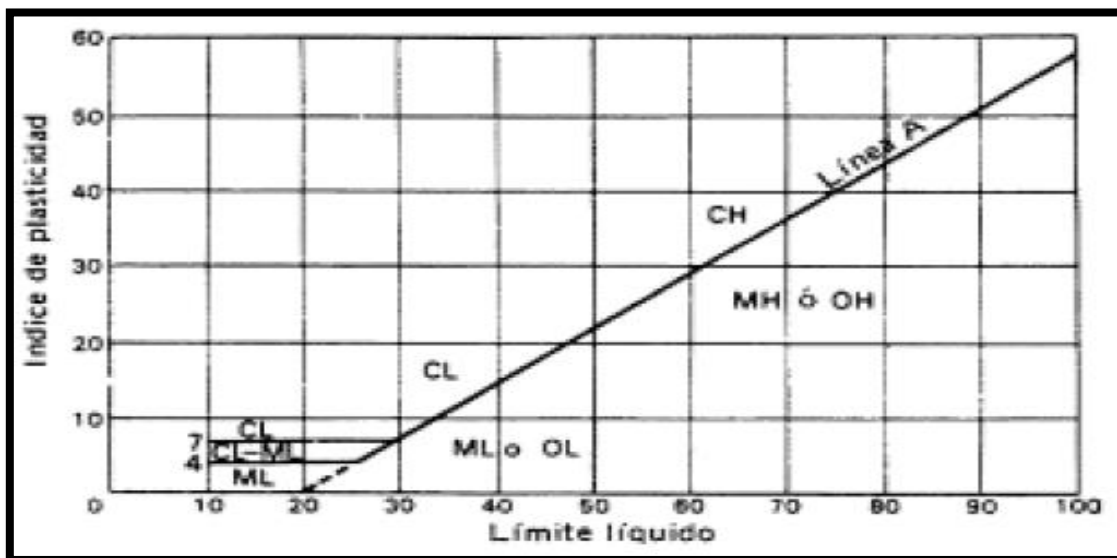
En el caso de gravas y arenas pueden existir, además, símbolos dobles si el porcentaje de finos está entre el 5 y 12 % o si el suelo se encuentra sobre la línea A, del ábaco de plasticidad de Casagrande, y el índice de plasticidad entre 4 y 7. Una simbología corresponderá a uno de los grupos de las gravas o arenas limpias, aquella que cumpla los requisitos, y otra a uno de los grupos de las gravas o arenas con finos, el que cumpla los requisitos.

Las gravas con símbolo doble podrán ser GC-GW, GM-GW, GC-GP o GM-GP. Las posibles arenas con símbolo serán SC-SW, SM-SW, SC-SP o SM-SP.

Con el Índice de Plasticidad y el Límite Líquido se obtiene la posición del suelo en el gráfico de plasticidad de Casagrande. La ecuación de la línea A es:

$$IP = 0.73 (LL-20)$$

Figura 8: ABACO DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE.



FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez.

Los suelos de grano fino se clasifican en función del IP y LL, haciendo uso del ábaco de plasticidad de Casagrande.

Tabla 4: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM.

Descripción		Símbolos de grupo	Criterios de laboratorio			
			Finos (%)	Gradación	Plasticidad	Notas
Grano grueso [Más de 50% de tamaño mayor que la medida del tamiz No.200 (0.074 mm)]	Gravas [Más de 50% de la fracción gruesa, es retenida por el tamiz n° 4 (4.76 mm)]	Gravas bien escalonadas, gravas arenosas, con escasos finos o sin ellos	GW	0 - 5	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} < 3$	Símbolos duales si los finos van de 5 a 12% . Símbolos duales si están sobre la línea A, y $4 < I_p < 7$
		Gravas pobremente esca-lo-nadas, arenosas, con escasos finos o sin ellos	GP	0 - 5		
		Gravas sedimentarias, gravas arenosas arcillosas	GM	> 12	Por debajo de la línea "A" o $I_p < 4$	
		Gravas arcillosas, gravas arenosas arcillosas	GC	> 12	Por encima de la línea "A" con $I_p > 7$	
	Arenas [Más de 50% de la fracción gruesa, pasa por el tamiz n° 4 (4.76 mm)]	Arenas bien escalonadas, arenas con grava, con pocos finos o sin ellos	SW	0 - 5	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} < 3$	
		Arenas pobremente esca-lo-nadas, arenas con gravas, con pocos finos o sin ellos	SP	0 - 5		
		Arenas sedimentarias	SM	> 12	Por debajo de la línea "A" o $I_p < 4$	
		Arenas arcillosas	SC	> 12	Por encima de la línea "A" con $I_p > 7$	
Grano fino [Más de 50% de tamaño menor que la medida del tamiz No.200 (0.074 mm)]	Sedimentos y arcillas (Límite líquido inferior a 50)	Sedimentos inorgánicos, arenas finas sedimentarias o arcillosas, con leve plasticidad	ML	Usar diagrama de plasticidad		
		Arcillas inorgánicas, sedimentarias, arenosas de baja plasticidad	CL	Usar diagrama de plasticidad		
		Sedimentos orgánicos y arcillas sedimentarias orgánicas de baja plasticidad	OL	Usar diagrama de plasticidad		
	Sedimentos y arcillas (Límite líquido superior a 50)	Sedimentos orgánicos de alta plasticidad	NH	Usar diagrama de plasticidad		
		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	Usar diagrama de plasticidad		
		Arcillas orgánicas de alta plasticidad	OH	Usar diagrama de plasticidad		
Suelos altamente orgánicos	Turba y suelos altamente orgánicos	Pt				

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería

– José Javier Márquez.

Una vez conocido el tipo de suelo en cuestión se puede recurrir a la información cualitativa que proporciona la clasificación de los diferentes grupos de suelos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos para su empleo en diferentes obras.

Tabla 5: PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LOS SUELOS EN OBRAS DE INGENIERÍA.

Tipo de suelo	Propiedades más importantes			Aptitud relativa para presas de tierra		
	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Homogéneas	Núcleo	Espaldones
GW	Permeable	Excelente	Despreciable	No apto	No apto	Buena
GP	Muy permeable	Buena	Despreciable	No apto	No apto	Buena
GM	Semipermeable a impermeable	Buena	Despreciable	Buena	Regular	No apto
Tipo de suelo	Propiedades más importantes			Aptitud relativa para presas de tierra		
	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Homogéneas	Núcleo	Espaldones
GC	Impermeable	Buena a regular	Muy baja	Buena	Buena	No apto
SW	Permeable	Excelente	Despreciable	No apto	No apto	Buena
SP	Permeable	Buena	Muy baja	No apto	No apto	Regular
SM	Semipermeable a impermeable	Buena	Baja	Regular	Regular	No apto
SC	Impermeable	Buena a regular	Baja	Buena	Buena	No apto
ML	Semipermeable a impermeable	Regular	Media	Regular	Regular	No apto
CL		Regular	Media	Regular	Buena	No apto
OL	Semipermeable a impermeable	Deficiente	Media	Mala	Mala	No apto
MH	Semipermeable a impermeable	Regular a deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
CH	Impermeable	Deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
OH	Impermeable	Deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
Pt	-	-	-	-	No apto	No apto

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería

– José Javier Márquez.

2.2.1.3.9.2. CLASIFICACIÓN AASHTO.

Se usa principalmente en la construcción de explanaciones de caminos y carreteras. Este sistema clasifica los suelos en siete grupos y varios subgrupos, y los ensayos necesarios se reducen a análisis granulométricos (tamices nº 10, 40, y 200 ASTM), determinación de los límites de Atterberg y cálculo del índice de grupo (IG) que es un número entero comprendido entre 0 y 20 que se obtiene a partir de la siguiente fórmula empírica:

$$IG = (F-35)(0.2+0.005(LL-40))+0.01(F-15)(PI-10)$$

En la cual:

F : Porcentaje que pasa la maya N° 200.

LL : límite líquido.

PI : índice de plasticidad.

El índice del grupo indica la idoneidad de un suelo determinado para construir explanaciones. Cuanto más bajo es el Índice de Grupo, mejor es el suelo.

La clasificación utiliza la letra A seguida de un índice, del 1 al 7, que a su vez puede tener otro índice más. La calidad del suelo decrece al aumentar el correspondiente índice, de forma que A-1 es mejor que A-2.

Lo mismo puede decirse en los segundos índices. La separación entre suelos granulares y limo-arcillosos se establece por la cantidad que pasa por el tamiz nº 200 ASTM. Los suelos en que esta fracción es igual o menor al 35%, son granulares, en tanto que aquellos suelos en los que dicha fracción es superior al 35%, son limo-arcillosos.



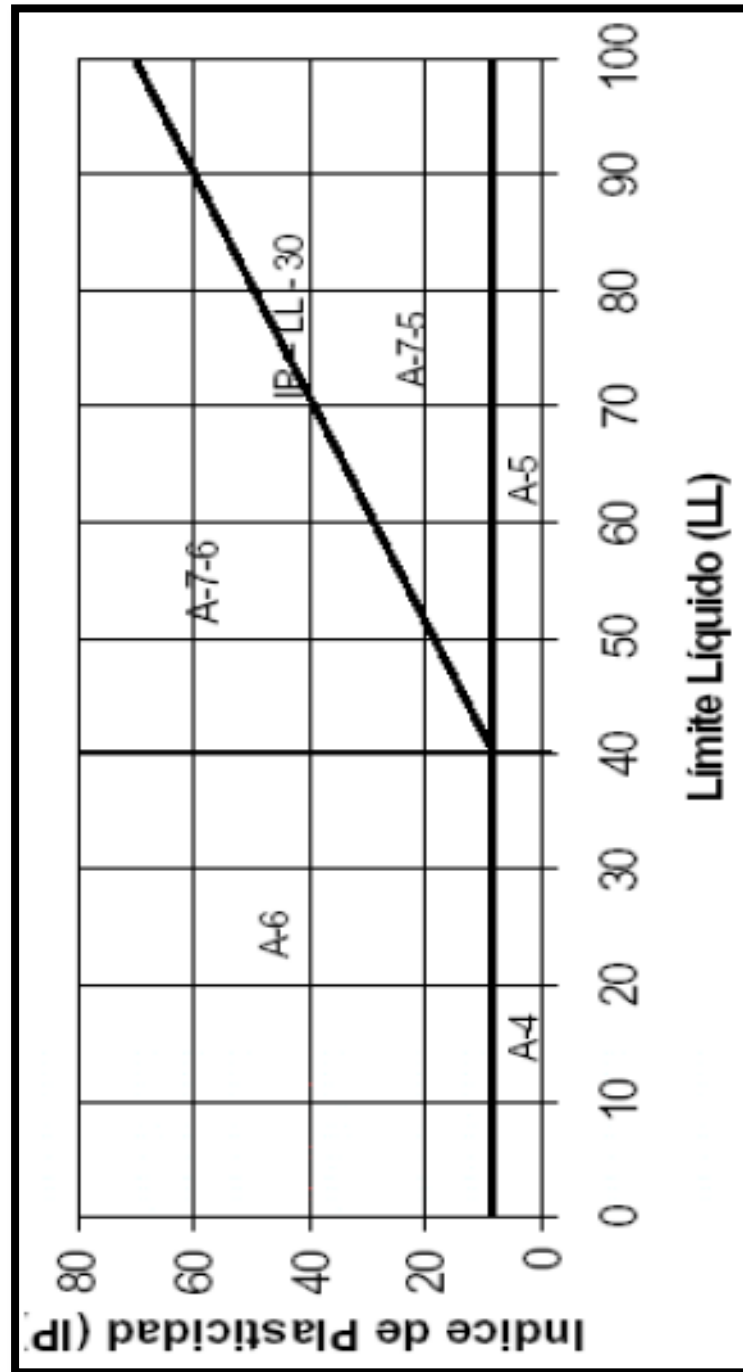
Con el resultado de los ensayos se opera en la tabla, de izquierda a derecha por eliminación. El primer grupo a partir de la izquierda en el que coincidan los resultados de los ensayos será el que corresponda al suelo analizado.

Los tipos de suelo que establece el sistema son:

- A-1-a** : Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.
- A-1-b** : Arena con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.
- A-2-4** : Materiales granulares con partículas finas limosas.
- A-2-5** : Intermedio.
- A-2-6** : Materiales granulares con partículas finas arcillosas.
- A-2-7** : Intermedio.
- A-3** : Arena de granulometría deficiente que casi no contiene partículas finas ni gravas.
- A-4** : Principalmente partículas finas limosas.
- A-5** : Tipos de suelos poco frecuentes que contienen partículas finas limosas, generalmente elásticas y difíciles de compactar.
- A-6** : Contienen partículas finas limosas o arcillosas con un límite líquido bajo.
- A-7-5** : Las arcillas y limos más plásticos.
- A-7-6** : Las arcillas y limos más plásticos.

Para la clasificación de los suelos A-4, A-5, A-6 y A-7, conocidos el IP y el LL, se debe recurrir, además, al gráfico siguiente.

Figura 9: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM.



FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería
 – José Javier Márquez.

Tabla 6: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN ASTM.

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (Menos del 35% pasa por el tamiz n° 200)				MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (Más del 35% pasa por el tamiz n° 200)				
	A-1		A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7		A-7-5 A-7-6
Subgrupo									
Análisis granulométrico: % que pasa el tamiz:									
N° 10	50 máx.								
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.						
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa por el tamiz n° 40									
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad (1)	6 máx.	6 máx.	No plástico	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	11 mín.
Índice del grupo (2)	0	0	0	0	0	4 máx.		8 máx.	12 máx.
Tipos de materiales preponderantes	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos	Suelos arcillosos
Valor general como cimiento	Excelente a bueno			Regular a malo					

(1) El Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que el Límite Líquido menos 30. El Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que el Límite Líquido menos 30.

(2) El Índice de grupo debe ponerse en un paréntesis después del símbolo del grupo.

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería

– José Javier Márquez



2.2.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.

La estabilización de un suelo es el proceso mediante el cual, se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose una capa de asiento del firme estable y durable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas y por ende asegure geotécnicamente el comportamiento de la explanada.

La estabilización del suelo también es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su índice de plasticidad. Las tres formas de lograrlo son: estabilización física, estabilización química y estabilización mecánica.

Para el proceso de estabilización del suelo existente dos opciones de ejecución, mezcla en central o planta móviles y mezcla in situ. Se define un suelo estabilizado “in situ” a la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con cal o con cemento, y eventualmente agua, en la propia traza de la carretera, la cual convenientemente compactada, tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua del suelo o aumentar su resistencia, para su uso en la formación de explanadas.

Las propiedades más importantes que se deben mejorar con la estabilización son:

- Resistencia. El incremento de resistencia aumenta la estabilidad y la capacidad de carga.
- Estabilidad del volumen. Proporciona el control de los procesos de hinchamiento-colapso causados por los cambios de humedad.
- Durabilidad. Una mayor durabilidad aumenta la resistencia a la erosión, responde de manera más eficaz a los cambios climáticos y al uso del tráfico.
- Permeabilidad. La reducción de la permeabilidad y por lo tanto de la circulación de agua, mejora la estabilidad.

Wilfredo Alfonso, (2010), Pág.13.



2.2.2.1. TIPOS DE ESTABILIZACIÓN.

2.2.2.1.1. ESTABILIZACIÓN FÍSICA.

Se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo. Hay varios métodos como lo son:

- Mezclas de Suelos: Este tipo de estabilización es de amplio uso pero por si sola no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre de por lo menos la compactación como complemento.

Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas tienen una alta fricción interna lo que les permite soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como capa de asiento del firme de una carretera ya que, al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino.

Las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad.

La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas.

- Geo textiles.
- Vibro flotación (Mecánica de Suelos).
- Consolidación Previa

Wilfredo Alfonso, (2010), Pág.18.



2.2.2.1.2. ESTABILIZACIÓN QUÍMICA.

Se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

Dentro de este grupo de estabilización, las sustancias químicas más comunes son: cal y cemento.

Cal: disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica.

Cemento portland: aumenta la resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas finas.

Otros productos también utilizados son:

- Productos Asfálticos: es una emulsión muy usada para material triturado sin cohesión.
- Cloruro de sodio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.
- Cloruro de calcio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.
- Escorias de fundición: se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.
- Polímeros: este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.
- Caucho de Neumáticos: este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

Wilfredo Alfonso, (2010), Pág.20.



2.2.2.1.3. ESTABILIZACIÓN MECÁNICA.

Es aquella con la que se logra mejorar considerablemente un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia.

Compactación: esta mejora generalmente se hace en la sub-base, base y en las carpetas asfálticas.

Wilfredo Alfonso, 2010, Pág.20 (44).

2.2.3. ESTABILIZANTE PROPUESTO.

2.2.3.1. ESTABILIZANTE QUÍMICO CON-AID.

La estabilización iónica con aditivo CON-AID consiste en un intercambio iónico capaz de reducir la capa de “agua adsorbida” de las partículas de arcilla, mejorando su comportamiento mecánico al disminuir la plasticidad y su expansión. Sus moléculas pueden disociar fácilmente cationes débiles (como los del agua y otros materiales) y reemplazarlos permanentemente, además, los sitios iónicos libres pueden ser ocupados por moléculas del estabilizador.

El tratamiento del suelo con este estabilizador provee la acción química requerida para repeler el agua de los minerales de arcilla. Después de que las reacciones han tenido lugar, la compactación puede ser lograda con un mínimo esfuerzo mecánico y las partículas de arcilla tratadas quedan ahora unidas en una asociación muy cerrada. Esto es debido a la eliminación de la capa de agua adsorbida, que permite un acercamiento mayor de las partículas de arcilla, dando por resultado un contacto más íntimo entre unas y otras.

La densidad adquirida, sumada al carácter hidrofóbico que ahora presenta el material, evita que el agua pueda entrar en cantidades importantes en el sistema, produciendo un aumento en la capacidad de soportar cargas de la capa tratada por mayor fricción entre partículas.

Estabilización química de suelos CON-AID, Pág.01.



2.2.3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL ESTABILIZANTE CON-AID.

Las características del producto estabilizante CON-AID, según catálogo del producto son:

2.2.3.1.1.1. AUMENTA DE LA DENSIDAD DEL SUELO.

Aumenta cambiando la atracción electro-química en las partículas del suelo y liberando agua retenida, CON-AID, ayuda disminuir los vacíos entre las partículas del suelo. Se produce así una fundación del camino más firme, seca, densa y con menos polvo.

2.2.3.1.1.2. REDUCE EL ESFUERZO DE COMPACTACIÓN Y HACE MÁS FÁCIL TRABAJAR EL SUELO.

Con el estabilizante CON-AID, incrementa la lubricación de las partículas del suelo. Hace el suelo más fácil de nivelar y permite que se logre la densidad deseada con menos pasadas del compactador (rodillo).

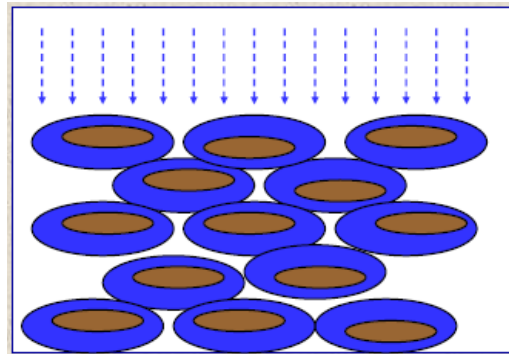
2.2.3.1.1.3. FASES DEL ESTABILIZANTE CON-AID.

Las reacciones químicas se desarrollan a través de las siguientes fases.

- FASE 1:

En un primer momento, las moléculas de CON-AID, comienzan a desarrollar las reacciones y enlaces químicos explicados. La película de agua adsorbida comienza a desprenderse de la superficie de las partículas del suelo.

Figura 10: ESTADO NATURAL DEL SUELO MAS AGUA ADSORBIDA.

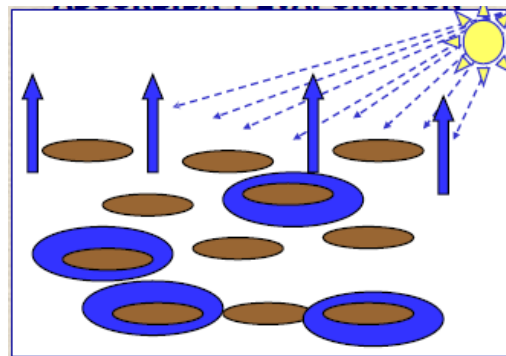


FUENTE: TDM, CON-AID CBR PLUS, 2012, Augusto Alza, Pág.16.

- FASE 2:

Ocasionando desprendimiento de agua adsorbida y evaporación, dejando espacio libre entre partículas.

Figura 11: ACCIÓN DE CON – AID: ELIMINACIÓN DE AGUA ADSORBIDA.

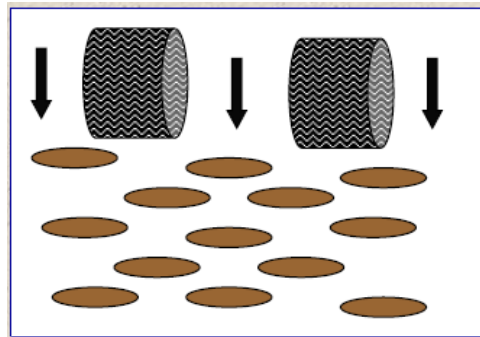


FUENTE: TDM, CON-AID CBR PLUS, 2012, Augusto Alza, Pág.16.

- FASE 3:

Compactación y acción del tránsito. Provee el esfuerzo mecánico necesario para reacomodar las partículas de suelo estabilizadas. Durante esta fase se realizan riegos de curado con agua sola, a fin de evitar el secado violento de la superficie.

Figura 12: ESTADO FINAL ANTES DE LA COMPACTACIÓN.

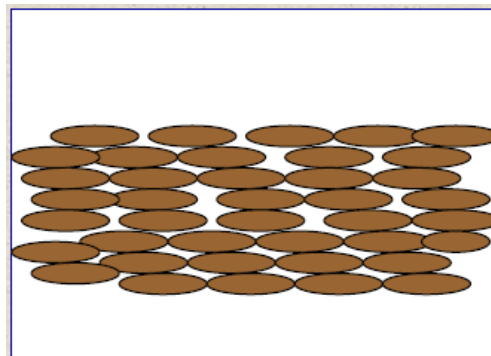


FUENTE: TDM, CON-AID CBR PLUS, 2012, Augusto Alza, Pág.16.

- FASE 4:

Finalmente los efectos químicos y físicos descriptos generan en la capa estabilizada un aumento de densidad y sus partículas se encuentran hidrofobias.

Figura 13: CAPA ESTABILIZADORA.



FUENTE: TDM, CON-AID CBR PLUS, 2012, Augusto Alza, Pág.16.



CAPITULO 3: METODOLOGÍA.

3.1. METODOLOGÍA DE LA TESIS.

3.1.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.

La Investigación es del tipo cuantitativa, alcanza el nivel descriptivo, y el método usado es el hipotético-deductivo.

- TIPO: CUANTITATIVO.

El tipo de investigación es cuantitativa porque nos permite evaluar la realidad en función de parámetros que son medibles, replicables y que estos pueden ser reproducidos con las mismas condiciones en cualquier momento. Además nos permite hacer el uso de datos numéricos

La presente investigación presenta un tipo cuantitativo debido a que está orientada a describir, predecir y explicar datos medibles y observables. Asimismo se realiza la comparación de grupos o relaciones de variables, resultados con predicción y estudios previos.

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.

- NIVEL DESCRIPTIVO.

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

Es decir miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga



La presente investigación será descriptiva porque se va a recolectar datos e información relacionados a los conceptos que involucran a las variables, asimismo se describen tendencias de un grupo o población.

3.1.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.

- MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO.

El método hipotético-deductivo es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. El método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

La presente investigación utilizará el método hipotético deductivo debido a que se parte de una hipótesis, el cual será demostrado mediante la serie de pasos con el fin de tener una respuesta clara el cual indique la comprobación de dicha hipótesis.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO.

- EXPERIMENTAL.

Para el desarrollo de la presente tesis de investigación se hará el uso de diseño experimental, en el cuál se realizará:

- Manipulación intencional de variables.
- Medición de variables.
- Control y Validez.
- Comparación de grupos.



3.2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

- DISEÑO TRANSVERSAL.

Se caracterizan por analizar los cambios que sufren los datos en el tiempo, tanto desde un enfoque de medición cuantitativa que se hacen sobre las categorías, conceptos, variables y datos en general ya que en los ensayos que se realizaran en laboratorio las muestras sufrirán cambios en las propiedades mecánicas del suelo a estabilizar

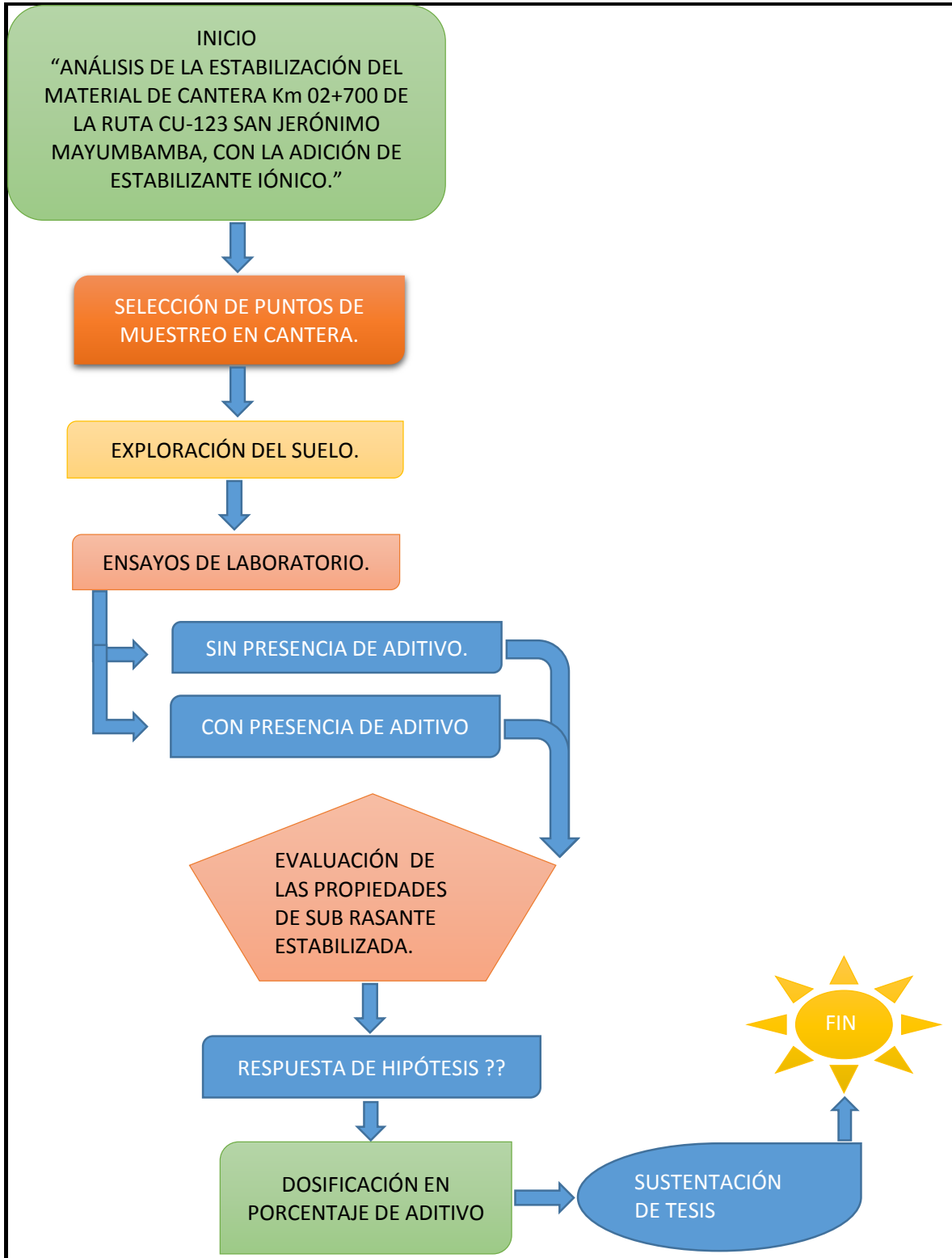
3.2.3. DISEÑO DE INGENIERÍA.

- PASO DE LA INVESTIGACIÓN

En la primera etapa comenzamos con la recopilación de datos, elaboración, y presentación de conceptos de los materiales utilizados como prueba, de los cuales evaluaremos sus características necesarias para la investigación.

En la segunda etapa procederemos a realizar ensayos de laboratorio de suelos sin aditivo y con aditivo.

En la tercera etapa procederemos a analizar resultados los cuales serán discutidos de acuerdo a la variación de los mismos.





3.2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.5. POBLACIÓN.

3.2.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN.

Para poder cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación, se ha visto por conveniente delimitar la población para su correspondiente estudio por lo que se referenciara de la siguiente manera. Para la adquisición del material de cantera se consideran la siguiente cantera disponible:

Tabla 7: RELACIÓN DE CANTERA PROVEEDORA DE MATERIAL PARA AFIRMADO EN LA RUTA CU-123 SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA.

CANTERA-MATERIAL GRANULAR	PROGRESIVA
1	Km 02 + 700.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En el presente trabajo de investigación se decidió escoger el material de la cantera del Km 02+700 de San Jerónimo – Mayumbamba.

En lo referente al estabilizante químico, nos limitamos a la utilización de estabilizante químico CON-AID, cuya comercialización en la ciudad del Cusco se presenta sin ningún inconveniente, considerado así para el trabajo de investigación.

Asimismo el tramo materia de estudio es el correspondiente a la ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba, dicho tramo pertenece a la red vial departamental CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba.

3.2.5.2. CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN.

El universo se cuantifica de la siguiente forma:

- Material de cantera Km 2+700 adicionándole estabilizante iónico.
- Material de cantera Km 2+700 sin la adición de estabilizante iónico.

Teniendo un total de 2 elementos en el universo.

3.2.6. MUESTRA.

3.2.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.

En lo referente se identificará los materiales a utilizar y referenciar su lugar de procedencia, así como describir sus características físicas y mecánicas, basándose en la realización de ensayos de laboratorio para la obtención de las propiedades de los materiales.

La muestra se obtendrá de las canteras en cumplimiento con las normas del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito.

Para el tema de investigación se plantea escoger los siguientes materiales con su respectivo lugar de procedencia como se identifica en el siguiente cuadro.

Tabla 8: MATERIALES DISPONIBLES EN LA CIUDAD DEL CUSCO.

MATERIAL .	CANTERA.
MATERIAL GRANULAR.	Km 02+700.
ESTABILIZANTE QUIMICO.	CON-AID.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Como se mencionó anteriormente el material a utilizar es de la cantera Km 02+700 de la Ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba, el cual tiene presencia de limos y arcillas.

En lo que se refiere al estabilizante químico se opta por el producto CON-AID, por considerarse un estabilizante químico iónico el cual se aplica en suelos limo arcilloso, el cual se dosificará en diferentes porcentajes.

- Considerando para los ensayos de Atterberg (limite líquido, limite plástico, índice de plasticidad), el porcentaje del 15%,30%,45%,60%. Se obtendrá del promedio del contenido de peso de agua del ensayo de límite líquido sin aditivo.



- Considerando para los ensayos de Proctor modificado y CBR de suelos, el porcentaje del 15%,30%,45%,60%. Se obtendrá del promedio del contenido de humedad del ensayo de Proctor modificado sin aditivo.

La cantidad de elementos a evaluar serán los siguientes:

1. Material de cantera Km 02+700 de la carretera San Jerónimo – Mayumbamba.
2. Material de cantera Km 02+700 más la adición de estabilizante iónico CON-AID al 15%.
3. Material de cantera Km 02+700 más la adición de estabilizante iónico CON-AID al 30%.
4. Material de cantera Km 02+700 más la adición de estabilizante iónico CON-AID al 45%.
5. Material de cantera Km 02+700 más la adición de estabilizante iónico CON-AID al 60%.

En cuanto a la dosificación del aditivo en peso se muestra en la tabla N°27

3.2.6.2. CUANTIFICACIÓN DE LA MUESTRA.

En la cuantificación de la muestra contaremos con:

- Material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo-Mayumbamba sin la adición de estabilizante iónico (CON-AID).
 - 01 Ensayo de contenido de humedad.
 - 01 Ensayo de granulometría.
 - 01 Ensayo de límite líquido y plástico.
 - 01 Ensayo de compactación de suelos modificado.
 - 01 Ensayo de CBR en laboratorio.



- Material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo-Mayumbamba con la adicionando de Estabilizante químico iónico (CON-AID) en diferentes porcentajes.
 1. Con 15% Estabilizante Químico CON-AID.
 - 01 ensayo de límite líquido y plástico.
 - 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
 - 01 ensayo de CBR en laboratorio.
 2. Con 30% Estabilizante Químico CON-AID.
 - 01 ensayo de límite líquido y plástico.
 - 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
 - 01 ensayo de CBR en laboratorio.
 3. Con 45% Estabilizante Químico CON-AID.
 - 01 ensayo de límite líquido y plástico.
 - 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
 - 01 ensayo de CBR en laboratorio.
 4. Con 60% Estabilizante Químico CON-AID.
 - 01 ensayo de límite líquido y plástico.
 - 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
 - 01 ensayo de CBR en laboratorio.

3.2.6.3. MÉTODO DE MUESTREO.

El método de muestreo se ha considerado de tipo no probabilístico por conveniencia ya que para evaluar a la muestra se usa como elementos de evaluación diferentes ensayos.

3.2.6.4. CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA.

Se tuvieron 5 criterios de evaluación de muestra que fueron medidos como se indica a continuación:

- Ensayo de humedad del suelo sin estabilizar.
- Ensayo de granulometría del suelo sin estabilizar.
- Plasticidad del suelo estabilizado sin estabilizante y con estabilizante.
- Grado de compactación del suelo sin estabilizante y con estabilizante.
- Capacidad de soporte CBR del suelo sin estabilizante y con estabilizante.

3.2.7. CRITERIO DE INCLUSIÓN.

- Los elementos muestrales son fabricados con material de la cantera Km 2+700 de San Jerónimo – Mayumbamba.
- A los elementos muestrales se les adicionara estabilizante iónico (CON-AID).
- El material de cantera Km 2+700 será sometidos a los ensayos de contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, compactación de suelo modificado y CBR en laboratorio.

3.3. INSTRUMENTOS.

3.3.1. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS.



Se considera dentro de los instrumentos metodológicos los formatos de recolección de datos para cada uno de los ensayos de laboratorio que se realizaron.

- Formato de Recolección de Contenido de Humedad.
- Formato de Recolección de Datos para el Ensayo de Granulometría.
- Formato de Recolección de Datos para el Ensayo de Límite Líquido, Límite Plástico e índice de plasticidad de los Suelos.



- Formato de Recolección de Datos para el Ensayo de Compactación de suelos Modificado.
- Formato de Recolección de Datos para el ensayo de CBR en laboratorio.



Tabla 9: INSTRUMENTO DE TOMA DE DATOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD.

	TOMA DE DATOS - ENSAYO		
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO MTC E 108 : 2000.		
	TESIS: “(Análisis de la estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico.) ”		
DATOS DE LA MUESTRA		ALUMNO :	
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA. DE CANTERA.		XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
OBSERVACIONES:			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
DESCRIPCIÓN			
ENSAYO N°			
CAPSULA N°	ID		
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g		
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g		
PESO DEL AGUA	g		
PESO DE LA CAPSULA	g		
PESO DEL SUELO SECO	g		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		
CONTENIDO DE HUMEDAD			
DESCRIPCIÓN			
ENSAYO N°			
CAPSULA N°	ID		
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g		
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g		
PESO DEL AGUA	g		
PESO DE LA CAPSULA	g		
PESO DEL SUELO SECO	g		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 10: INSTRUMENTO DE TOMA DE DATOS PARA EL ENSAYO DE GRANULOMÉTRICO.

	TOMA DE DATOS - ENSAYO				
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107-2000				
	TESIS:“(Análisis de la estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico.)”				
DATOS DE LA MUESTRA		ALUMNO :			
UBICACIÓN	: CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.		XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN		
MATERIAL	: DE CANTERA.				
OBSERVACIONES:					
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">PESO SECO TOTAL DE MUESTRA EN GRAMOS (g)</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> </table>				PESO SECO TOTAL DE MUESTRA EN GRAMOS (g)	
PESO SECO TOTAL DE MUESTRA EN GRAMOS (g)					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (g)	%		
SERIE	ABERTURA (mm)				
3"	75.000				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
3/8"	9.500				
N° 4	4.760				
N° 10	2.000				
N° 20	0.840				
N° 40	0.425				
N° 60	0.250				
N° 140	0.106				
N° 200	0.075				
FONDO.					
PERDIDAS.					
TOTAL.					

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.





Tabla 11: INSTRUMENTO DE TOMA DE DATOS PARA LIMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD.

	TOMA DE DATOS - ENSAYO						
	LIMITE LIQUIDO LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD MTC E 110 / E 111 : 2000						
TESIS: 'Análisis de la estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico.'							
DATOS DE LA MUESTRA				ALUMNO :			
UBICACIÓN : CANTERA Km 02 + 700 DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA. MATERIAL : DE CANTERA.				XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN			
OBSERVACIONES:							
<u>LIMITE LIQUIDO.</u>							
DESCRIPCIÓN.							
ENSAYO N°		N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO.	g						
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO.	g						
PESO DEL AGUA.	g						
PESO DE LA CAPSULA.	g						
PESO DEL SUELO SECO.	g						
NUMERO DE GOLPES.	n°						
CONTENIDO DE HUMEDAD.	%						
<u>LIMITE PLÁSTICO.</u>							
DESCRIPCIÓN.							
ENSAYO N°		N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO.	g						
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO.	g						
PESO DEL AGUA.	g						
PESO DE LA CAPSULA.	g						
PESO DEL SUELO SECO.	g						
CONTENIDO DE HUMEDAD.	%						
<u>ÍNDICE PLÁSTICO.</u>							
DESCRIPCIÓN.							
ENSAYO N°		N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
CONTENIDO DE HUMEDAD (LL).	%						
CONTENIDO DE HUMEDAD (LP).	%						
ÍNDICE DE PLÁSTICO.	%						

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 12: INSTRUMENTO DE TOMA DE DATOS PARA EL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.

	TOMA DE DATOS - ENSAYO											
	PROCTOR MODIFICADO MTC E 115											
	TESIS: 'Análisis de la estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico.'											
DATOS DE LA MUESTRA					ALUMNO :							
UBICACIÓN : CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.					XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN							
MATERIAL : DE CANTERA.												
OBSERVACIONES:												
MÉTODO DE COMPACTACIÓN "C"												
N° DE CAPAS		5		ALTURA DE CAÍDA DE PISTÓN			45.7 cm		PESO DEL PISTÓN		4.54 kg	
N° DE GOLPES / CAPA				56 GOLPES				VOLUMEN DEL MOLDE				
DESCRIPCIÓN		UND	M1	M2	M3	M4	M5	M6				
PESO SUELO HÚMEDO + MOLDE.		g										
PESO DEL MOLDE.		g										
PESO SUELO HÚMEDO.		g										
VOLUMEN DE MOLDE.		cm3										
DENSIDAD SUELO HÚMEDO		g/cm3										
PESO SUELO HÚMEDO + TARA.		g										
PESO SUELO SECO + TARA.		g										
PESO DEL AGUA.		g										
PESO DE LA TARA.		g										
PESO SUELO SECO.		g										
CONTENIDO DE HUMEDAD.		%										
PROMEDIO DE HUMEDAD.		%										
DENSIDAD DEL SUELO SECO.		g/cm3										

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



3.3.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA.

Se consideran dentro de los instrumentos de ingeniería aquellos equipos y herramientas usados en los ensayos de laboratorio. Se usaron los siguientes instrumentos de ingeniería:

3.3.2.1. ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.

- Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.01 g para muestras de menos de 200 g de 0. 1 g para muestras de más de 200 g.
- Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de PH variable, y a limpieza. Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.
- Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- Otros utensilios.- Se requiere el empleo de cuchillos, espátulas. cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

3.3.2.2. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.

- Una balanza. Con sensibilidad de 0.1 g.
- Serie de tamices gruesos 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8").
- Serie de tamices finos 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm(N° 10), 0,840 mm(N° 20), 0,425 mm(N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm(N° 140), y 0,075 mm (N° 200).
- Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.

3.3.2.3. ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LIMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS.

- Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente.
- Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.
- Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
- Acanalador.
- Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d", y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm ($0.394" \pm 0.008"$) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad



de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.

- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para secar la muestra.
- Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

3.3.2.4. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS MODIFICADO.

- Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio $6,000 \pm 0,026$ pulg. ($152,4 \pm 0,7$ mm) de diámetro interior, una altura de: $4,584 \pm 0,018$ pulg ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,075 \pm 3 3 0,0009$ pie ($2 124 \pm 25$ cm).
- Pisón o Martillo.- Un pisón operado manualmente. El pisón debe caer libremente a una distancia de $18 \pm 0,05$ pulg ($457,2 \pm 1,6$ mm) de la superficie de espécimen.
- Horno de Secado.- Con control termostático, capaz de mantener una temperatura uniforme de 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C) a través de la cámara de secado.
- Regla.- Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,005$ pulg ($\pm 0,1$ mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 1/8 pulg (3 mm).
- Tamices o Mallas.- De $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm), $\frac{3}{8}$ pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11 (“Especificación para mallas metálicas con fines de ensayo”).
- Herramientas de Mezcla.- Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. o un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.



3.3.2.5. ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO.

- Prensa utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal.
- El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0.05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.
- Molde, de metal, cilíndrico, de $152,4\text{ mm} \pm 0,66\text{ mm}$ ($6 \pm 0,026$ ") de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$ ($7 \pm 0,018$ ") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm ($28\ 1/16$ ") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro. La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.
- Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150.8 mm ($5\ 15/16$ ") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127\text{ mm}$ ($2,416 \pm 0,005$ ") de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado.
- Aparato medidor de expansión compuesto por: Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm ($5\ 7/8$ ") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm ($1/16$ ") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura.
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago



coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001”).

- Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener $5 \frac{7}{8}$ ” a $5 \frac{15}{16}$ ” (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de $2 \frac{1}{8}$ ” aproximado (53,98 mm) de diámetro.
- Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49.63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 2 \ 2 \ 0,005$ ”) de diámetro, área de 19.35 cm (3 pulg) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4”).
- Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1”) y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001”), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0.1 g, respectivamente.
- Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm ($\frac{3}{4}$ ”) y 50,80 mm (2”).
- Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

PANEL FOTOGRÁFICO DE LOS INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA.

Figura 14: BALANZA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 15: BALANZA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 16: BADILEJO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 17: BANDEJAS PARA ALMACENAR MATERIAL.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 18: COCINA INDUSTRIAL PARA SECADO DE MATERIAL.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 19: TARAS PARA ALMACENAR MUESTRAS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 20: JUEGO DE TAMICES DE MALLA CUADRADA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 21: HORNO ELÉCTRICO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 22: MAQUINA PARA TAMIZADO MECÁNICO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 23: ENVASES PARA ALMACENAR MATERIAL.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 24: CUCHARA DE CASAGRANDE.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 25: POCILLO PARA ENSAYO DE LÍMITES.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 26: PROBETA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 27: MOLDE PRÓCTOR Y VÁSTAGO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 28: MOLDES PARA CBR.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 29: PRENSA PARA ENSAYO CBR.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 30: PESAS PARA ENSAYO DE CBR.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 31: DEFORMÍMETRO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 32: VARIAS HERRAMIENTAS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.4.1. EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS.

3.4.1.1. INSTRUMENTOS.

- Saquillos.
- Bolsas.
- Pala.
- Pico.
- Espátula.

3.4.1.2. PROCEDIMIENTOS.

- Para la extracción de material, se tuvo que trasladarse al km 02+700 de la ruta CU-123 de la carretera San Jerónimo – Mayumbamba, donde se ubica la cantera, de la cual se extraerá el material el cual será estudiado.

- Teniendo en cuenta que para la extracción del material se usó las recomendaciones que nos ofrece la norma de laboratorios de suelos siguientes: MTC 101, MTC 103, MTC 104, MTC 105.

Figura 33: CANTERA Km 02+700 EN LA RUTA CU-123 SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se tomaron muestras representativas de la cantera Km 02+700 de donde se extrajeron aproximadamente 6 sacos de 50 Kg aproximadamente para ser usado en los distintos ensayos.

Figura 34: TOMA DE MUESTRAS DE LA CANTERA Km 02+700 EN LA RUTA CU-123 SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 35: EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE LA CANTERA Km 02+700 EN LA RUTA CU-123 SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.2. ENSAYOS CON MATERIAL DE CANTERA Km 02+700 DE LA CU 123-SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA EN ESTADO NATURAL.

3.4.2.1. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS.

3.4.2.1.1. INSTRUMENTOS.

- Horno de secado, capaz de mantener temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Balanzas de precisión.
- Taras o recipientes para almacenar y secar muestras.
- Utensilios varios: cuchillos, espátulas, cucharas.

3.4.2.1.2. PROCEDIMIENTOS.

- Se procedió a tomar una muestra del material de cantera Km 02+700, sin demasiado contenido de partículas gruesas, registrando su peso almacenado en su correspondiente tara o envase.
- Realizar el pesado de la mencionada muestra con la utilización de la balanza de precisión.

Figura 36: PESADO DE LA MUESTRA DE CANTERA Km 02+700 PARA SU DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Colocar en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Luego de transcurrido las 24 horas, retirar la muestra del horno y realizar el correspondiente pesado de la muestra.

Figura 37: COLOCADO DE LA MUESTRA DE CANTERA Km 02+700 EN EL HORNO PARA SU POSTERIOR PESADO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.2.1.3. TOMA DE DATOS.

Del procedimiento para la determinación del contenido de humedad natural de la muestra se obtuvo los siguientes datos expresados en la siguiente tabla:



Tabla 14: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°01.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 60 y 35.		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		A
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	60
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	82.20
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	78.20
PESO DE LA CAPSULA	g	23.90
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		A
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	35
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	153.40
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	144.80
PESO DE LA CAPSULA	g	26.30

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 15: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°02.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 45 y 55.		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		B
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	45
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	58.40
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	55.80
PESO DE LA CAPSULA	g	25.10
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		B
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	55
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	154.20
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	144.80
PESO DE LA CAPSULA	g	26.20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 16: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°03.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 38 y 41.		
<u>CONTENIDO DE HUMEDAD</u>		
DESCRIPCIÓN		C
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	38
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	121.35
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	113.41
PESO DE LA CAPSULA	g	25.40
<u>CONTENIDO DE HUMEDAD</u>		
DESCRIPCIÓN		C
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	41
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	83.32
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	78.30
PESO DE LA CAPSULA	g	24.20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 17: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°04.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 25 y 35.		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		D
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	25
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	89.70
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	83.90
PESO DE LA CAPSULA	g	23.80
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		D
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	35
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	50.80
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	48.50
PESO DE LA CAPSULA	g	25.70

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 18: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°05.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 45 y 55.		
<u>CONTENIDO DE HUMEDAD</u>		
DESCRIPCIÓN		E
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	45
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	85.20
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	78.90
PESO DE LA CAPSULA	g	23.50
<u>CONTENIDO DE HUMEDAD</u>		
DESCRIPCIÓN		E
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	55
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	106.20
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	98.00
PESO DE LA CAPSULA	g	25.30

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 19: TOMA DE PESOS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 HOJA N°06.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 48 y 65.		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		F
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	48
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	85.50
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	78.90
PESO DE LA CAPSULA	g	23.50
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		F
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	65
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	148.90
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	135.80
PESO DE LA CAPSULA	g	26.40

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



3.4.2.2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

3.4.2.2.1. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE SUELOS.

3.4.2.2.1.1. INSTRUMENTOS.

- Balanza de precisión.
- Tamices malla cuadrada.
- Serie de tamices gruesos 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8").
- Serie de tamices finos 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm(N° 10), 0,840 mm(N° 20), 0,425 mm(N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm(N° 140), y 0,075 mm (N° 200).
- Máquina para el tamizado mecánico.
- Cocina eléctrica.
- Bandejas para almacenar muestras.
- Estufas.
- Taras para almacenado y secado de muestras.
- Cepillo y brochas.

3.4.2.2.1.2. PROCEDIMIENTOS.

- Durante la presente investigación se realizó la selección de la muestra por medio del procedimiento de cuarteo de material el cual será extraído de la cantera Km 02+700, seleccionando aleatoriamente 02 porciones del material, para la utilización en los diferentes ensayos de laboratorio de suelos.

Figura 38: CUARTEADO DE MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Con la porción de material granular seleccionada y adecuada, se procedió a realizar el secado del material, para lo cual se utilizó la estufa eléctrica, y la cocina a gas industrial poniendo el material en bandejas, para lograr de forma eficiente y en menor tiempo el secado del material para su correspondiente análisis granulométrico.

Figura 39: SECADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Una vez secado el material se procedió a tamizarlo por la malla N°04 para separarlo en dos fracciones, la fracción fina y gruesa respectivamente, las cuales se procederán a analizar posteriormente.
- Seguidamente se realizó el tamizado mecánico en dos series como anteriormente se mencionó, la fracción fina y gruesa, posteriormente se realizó el pesado de las fracciones retenidas en las respectivas mallas, para lo cual se utilizó la balanza de precisión, para su posterior anotación en los formatos correspondientes.
- Teniendo un control de todo estos proceso.

Figura 40: TAMIZADO MECÁNICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km02+700.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.2.2.1.3. TOMA DE DATOS.

Del análisis granulométrico anteriormente realizado, y tomando apunte de los pesos retenidos en las respectivas mallas, teniendo los siguientes datos:

**Tabla 20: TOMA DE PESOS RETENIDOS DEL MATERIAL DE LA CANTERA
Km 02+700.**

Peso inicial		5125.00 g
MALLA.	DIÁMETRO (mm).	PESO RET (gr).
3"	75.000	0.00
2"	50.800	0.00
1 ½"	38.100	173.50
1"	25.400	566.83
¾"	19.000	196.29
⅜"	9.500	1044.13
N° 4	4.760	673.43
N° 10	2.000	193.21
N° 20	0.840	211.66
N° 40	0.425	201.41
N° 60	0.250	241.90
N° 140	0.106	353.11
N° 200	0.075	417.67
FONDO.		851.61
PERDIDAS.		0.25
TOTAL.		5125.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.2.2.2. ENSAYO DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.

3.4.2.2.2.1. ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO DE SUELOS.

3.4.2.2.2.1.1. INSTRUMENTOS.

- Vasija de porcelana de 115 mm de diámetro aproximado.
- Espátula de hoja flexible de 3” a 4” de longitud y ¾” de ancho.
- Cuchara de Casagrande, de operación manual.
- Acanalador.
- Recipiente o taras para almacenar y secar material.
- Balanza de precisión.
- Horno de secado, capaz de mantener temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Cuchara de Casagrande.
- Tamiz de N° 40.

3.4.2.2.2.1.2. PROCEDIMIENTOS.

- Se tomó una muestra de aproximadamente 200 gr, de una porción de agregado que pasa el tamiz de 0.425 mm (N°40).
- Se colocó la muestra de suelo en la vasija de porcelana para mezclarse con 20 ml de agua, para amasarlo y tajarlo con la espátula en forma alternada y repetida.

**Figura 41: MEZCLADO DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°40
ADICIONANDO AGUA.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se procedió a colocar una porción de la mezcla en la cuchara de Casagrande, extendiéndolo con la espátula, teniendo cuidado de incluir burbujas en la masa. Se procedió a nivelar el suelo con la espátula emparejándolo, hasta conseguir una superficie pareja con una profundidad máxima de 1 cm.

Figura 42: PREPARADO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se procedió a dividir el la masa de suelo de la cazuela, con pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro de la cuchara, pasando suavemente con el acanalador se penetra poco a poco hasta que se logró separar totalmente las dos partes.
- Se procedió a elevar y golpear la cuchara de Casagrande girando la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta lograr que las dos mitades se junten en una longitud de 0.5” a lo largo de la ranura, anotando los golpes necesarios para lograr este objetivo.

Figura 43: PREPARADO DE SUELO MEZCLADO EN LA CUCHARA DE CASAGRANDE.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Luego se procedió a sacar una tajada de la masa de la cuchara de Casagrande, para luego depositarlo en un envase para su internado en un horno para su posterior seca y registro de pesos.

3.4.2.2.2.1.3. TOMA DE DATOS.

Luego de realizado la prueba de límite líquido en la referida cuchara de Casagrande, se tomaron apunte de los presentes datos que se presentan a continuación.

Tabla 21: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700.

<u>Determinación de Limite Liquido.</u>						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	23.25	24.52	23.88	25.78	23.57	26.42
Peso de Suelo seco + lata.	20.88	22.17	21.12	23.16	20.69	23.66
Peso de Lata.	9.18	9.55	7.96	9.83	8.59	11.51
Peso de agua.	2.37	2.35	2.76	2.62	2.88	2.76
Peso de Suelo seco.	11.70	12.62	13.16	13.33	12.10	12.15
Numero de Golpes, N.	30.00	29.00	26.00	25.00	21.00	20.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.2.2.2. ENSAYO DE LIMITE PLÁSTICO DE SUELOS.

3.4.2.2.2.1. INSTRUMENTOS.

- Espátula, de hoja flexible de 3” o 4” de longitud por ¾” de ancho.
- Recipiente de porcelana de 115 mm de diámetro aproximado.
- Balanza de precisión.
- Horno de secado, capaz de mantener temperatura de 110°C ± 5°C.
- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Recipientes o taras para almacenar y secar material.
- Superficie de rodadura de vidrio.

3.4.2.2.2.2. PROCEDIMIENTOS.

- Se preparó 20 gr. de la muestra que pasa el tamiz N°40 , se procedió a amasar con agua destilada hasta que se logró formarse una masa homogénea de suelo.

- Se moldeó cilindros con la masa de suelo, sobre la superficie de vidrio hasta lograr un cilindro de 3.20 mm, sin que se haya desmoronado el cilindro. Se repitió el proceso hasta que el cilindro elaborado se comience a desmoronar.

Figura 44: AMASADO DE CILINDROS HECHOS CON SUELO QUE PASA EL TAMIZ N°40.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Los trozos obtenidos se colocan en la tara para su colocado en el horno y posterior secada y pesada del mismo.

Figura 45: COLOCADO DE LOS CILINDROS ELABORADOS PARA SU SECADO Y POSTERIOR PESADO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.2.2.2.3. TOMA DE DATOS.

Para el ensayo de límite plástico, se practicaron 03 repeticiones, de dichos procedimientos se tomaron los siguientes datos:

Tabla 22: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700.

Determinación del Límite Plástico.						
Lata N°.	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	17.47	16.51	17.19	17.06	16.99	17.33
Peso de Suelo seco + lata.	16.87	15.76	16.49	16.37	16.31	16.68
Peso de Lata.	11.8	10.01	10.93	10.91	10.90	11.36

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



3.4.2.3. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS MODIFICADO.

3.4.2.3.1. INSTRUMENTOS.

- Molde metálico de 6” de diámetro interior, con una altura de 4.58” y un volumen de 2,104.00 cm³.
- Pisón o martillo con una masa de 4,54 kg y una altura de caída de 457.2mm.
- Balanza de precisión.
- Horno de secado, capaz de mantener temperatura de 110°C ± 5°C.
- Regla metálica.
- Mallas de ¾”, 3/8” y N°04.
- Bandejas para almacenar material.
- Taras o envases para almacenar y secar material.
- Herramientas de mezcla, badilejos, espátulas.

3.4.2.3.2. PROCEDIMIENTOS.

- Se preparó previamente una muestra con humedad natural, de material de la cantera Km 02+700, en una cantidad aproximada de 24.00 kg. Se realizó el secado de material en un estufa eléctrica para luego realizar el correspondiente tamizado a través de las mallas N°04, 3/8” y ¾”, de esta manera se observó que más del 30% del material se retuvo en la malla de 3/8” y menos del 30% del material en peso es retenido en el tamiz de ¾”. Por lo que corresponde ensayar dicho material con el Método “C”.

Figura 46: PREPARADO DE MUESTRA DE LA CANTERA Km 02+700 PARA ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Una vez seco y tamizado el material se procedió a preparar 04 especímenes, cada uno de 6.00kg. cada uno fue adicionado con contenidos de agua distintos, diferenciados en 2%, de manera que se pueda encontrar el contenido de agua más cercano al óptimo. Por lo que se ensayaron con muestras que tuvieron contenidos de agua desde el 2%, 4%, 6% y 8% de contenido de humedad respectivamente.

Figura 47: ADICIÓN DE AGUA A CADA MUESTRA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Teniendo las 03 muestras preparadas para cada ensayo de Próctor modificado, se procedió a la compactación en 05 capas, cada una compactada con 56 golpes.

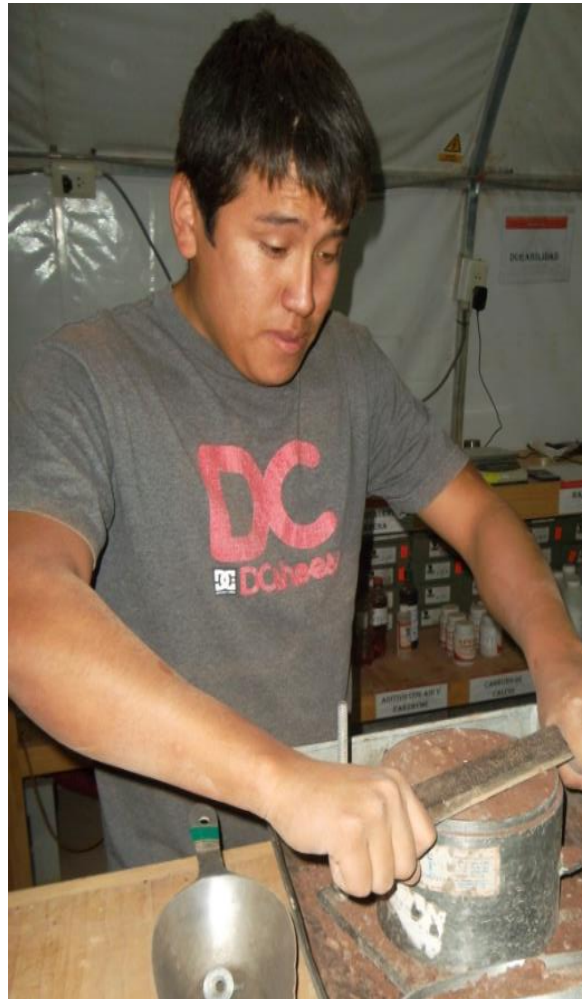
Figura 48: COMPACTADO DE CADA MOLDE DE PRÓCTOR, EN NÚMERO DE 05 CAPAS DE 56 GOLPES CADA CAPA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Luego de acabado la compactación de las 05 capas, se quita el collarín y se enrasa con la regla metálica para luego registrar el peso del molde + suelo húmedo.
- Finalmente se tomó el contenido de humedad de cada muestra, para que sea representativa se tomó una muestra con material de la parte superior y otra de la base de la muestra ensayada.

Figura 49: ENRASADO DEL ESPÉCIMEN ENSAYADO, PARA SU PESADO Y EXTRACCIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.2.3.3. TOMA DE DATOS.

Luego de ensayar las cuatro muestras de ensayo de Próctor modificado, se tomaron apunte de los siguientes datos expresados en el presente cuadro:



Tabla 23: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL.

Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	60	35	45	55	38	41	25	35	45	55	48	65
Peso de Suelo húmedo + lata	82.20	153.40	58.40	154.20	121.35	83.32	89.70	50.80	85.20	106.20	85.50	148.90
Peso de Suelo seco + lata	78.20	144.80	55.80	144.80	113.41	78.30	83.90	48.50	78.90	98.00	78.90	135.80
Peso de Lata	23.90	26.30	25.10	26.20	25.40	24.20	23.80	25.70	23.50	25.30	23.50	26.40

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 24: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL.

Altura	11.65 cm					
Volumen	2136.30 cm ³					
Diámetro	15.28 cm					
Muestra N°	1	2	3	4	5	6
Peso del Molde.	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0
Peso de suelo + molde	10367.0	10510.0	10607.0	10544.0	10438.5	10435.5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.2.4. ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DE SUELOS.

3.4.2.4.1. INSTRUMENTOS.

- Prensa para realizar la penetración de un pistón en el espécimen, con su respectivo anillo de carga, correctamente calibrado, a una velocidad de penetración de 1.27 mm por minuto.



- Molde metálico de 6” de diámetro interior, con una altura de 7”, provisto de un collar suplementario de 2” de altura, una placa perforada de 3/8”.
- Un disco espaciador metálico de 5 15/16” de diámetro exterior y 2.41” de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- Pisón con una masa de 4,54 kg con altura de caída de 457.2 mm.
- Pesas ranuradas con una masa de 4.54 kg, con un agujero central de 2 1/8” de diámetro.
- Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular de 49.63 mm de diámetro, con un área de 19.35 cm², con una longitud necesaria para realizar la penetración, pero no menor de 4”.
- Diales de recorrido mínimo de 25mm y divisiones lecturas de 0.025mm.
- Tanque para inmersión de moldes.
- Balanza de precisión.
- Horno de secado, capaz de mantener temperatura de 110°C ± 5°C.
- Mallas de 3/4”, 3/8” y N°04.
- Bandejas para almacenar material.
- Taras o envases para almacenar y secar material.
- Herramientas de mezcla, badilejos, espátulas.

3.4.2.4.2. PROCEDIMIENTOS.

- Se procedió a preparar material en una cantidad de aproximadamente unos 15kg. para ser ensayado, se tamiza a través de la malla de 3/4”, se obtiene que más del 75% en peso del total del material pasa la mencionada malla, dicho material es con el cual se ha desarrollado el ensayo de CBR.
- Para realizar el proceso de compactación en cada molde, se debe de conocer como dato el contenido de humedad óptimo necesario para alcanzar la máxima densidad seca, por lo que se debe conocer el contenido de humedad natural, para así agregar la cantidad necesaria de agua para alcanzar la humedad óptima.

Figura 50: PREPARACIÓN DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA $\frac{3}{4}$ ", PARA SU ENSAYO DE CBR.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se prepararon los tres moldes CBR de 12, 25, 56 golpes en cada molde se pone una pesa de 4kg para continuar llenando el molde con material en 5 pacas cada capa siendo compactada según el número de golpes el cual se realice el molde prosiguiendo a poner los dos anillos para finalizar se saca un muestra de humedad del material de cada molde.

Figura 51: PREPARACIÓN DE MOLDES PARA ENSAYO DE CBR.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se compacto el material en 05 capas, cada molde con diferente energía de compactación, siendo respectivamente de 12, 25, 56 golpes.

Figura 52: PREPARACIÓN DE MOLDES PARA ENSAYO DE CBR.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Una vez compactado el material, se quitó el collarín y se enrasa a nivel con la regla metálica, para posteriormente realizar el pesado del molde más el suelo húmedo.

Figura 53: SE REALIZA EL ENRASADO DEL MOLDE ENSAYADO PARA SU POSTERIOR PESADO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se giró el molde de manera que se retira el disco espaciador, para colocar la sobrecarga, según sea el caso, en el caso de análisis de capa de sub base o afirmado se coloca una sobrecarga de 4.54kg.

Figura 54: PREPARADO DE MOLDES PARA COLOCADO DE PESAS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se fijó a la placa de la base, luego se colocó un papel filtro sobre la parte superior de la muestra. Luego se sitúa la placa perforada del vástago ajustable y sobre ella se colocan las pesas de la sobrecarga.
- El trípode con el dial medidor de deformaciones se colocó sobre el canto del molde y se ajustó al vástago de la placa perforada. Luego se registró la lectura inicial y se quita el trípode.

Figura 55: COLOCADO DE LA SOBRECARGA Y EL DIAL SOBRE EL MOLDE ANTES DE SUMERGIRLO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se sumerge el molde en una poza con agua (capaz de cubrirlo en su totalidad), dejándolo saturar durante el periodo de cuatro días teniendo que registrar la expansión de cada molde a la misma hora de cada día.

Figura 56: SUMERGIDO DEL MOLDE PREPARADO CON LA SOBRECARGA DURANTE UN PERIODO DE 04 DÍAS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Después de cuatro días, se sacó el molde, se deja drenar durante 10 a 15 minutos aproximadamente, para luego colocar el molde sobre el soporte de carga de la prensa, para ajustarlo de manera tal que el pistón de penetración quede centrado en la muestra.

Figura 57: DESPUÉS DE 04 DÍAS SE EXTRAJO LAS MUESTRAS, SE DEJARON DRENAR, PARA SU APLICACIÓN EN LA PRENSA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se calibra el dial indicador de la presión del anillo de carga y el dial de deformación. La velocidad de penetración del pistón en el suelo es de 1.27 mm por minuto. La velocidad se controla por tiempo con un cronometro.

Figura 58: PREPARACIÓN DE LA PRENSA PARA SOMETER A LOS MOLDES AL ENSAYO DE CBR.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se registran las lecturas de la presión del dial de 0.0, 3.0, 8.0, 10.0, 9.0, 11.0, 12.0.

Figura 59: COLOCACIÓN DE LOS MOLDES EN LA PRENSA CBR PARA ENSAYAR EL MATERIAL.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Luego de terminada la prueba, se retira las sobrecargas, se recupera el suelo ensayado y se toma muestra para determinar la humedad final.

Figura 60: TOMA DE MUESTRAS PARA CONTENIDO DE HUMEDAD.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.2.4.3. TOMA DE DATOS

Del ensayo de CBR de laboratorio se extrajeron tres cuadros de resumen de datos, el primero de densidad y humedad, el segundo de penetración y el tercero de absorción y expansión. Los cuales se presentan a continuación:

Tabla 25: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL.

<i>Muestra N°</i>	1		2		3	
<i>Numero de Golpes</i>	12		25		56	
<i>Lata de Humedad N°</i>	60	45	38	41	55	25
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	401.60	400.40	421.13	420.24	406.30	405.60
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	378.70	377.80	396.80	396.00	381.00	381.20
<i>Peso de Lata</i>	23.90	25.10	25.40	24.20	26.20	23.80

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 26: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 EN ESTADO NATURAL.

<i>Muestra N°</i>	1	2	3
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208
<i>Peso de suelo + molde</i>	12866	13152	13360

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



3.4.3. ENSAYOS CON MATERIAL DE CANTERA Km 02+700 DE LA CU 123-SAN JERÓNIMO – MAYUMBAMBA CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE IÓNICO (CON-AID).

Para realizar los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se consideró el promedio del contenido del agua del ensayo del límite líquido sin aditivo como dosificación, siendo considerado a este el 100%.

Para realizar los ensayos de compactación de suelos modificados y determinación de CBR de laboratorio se consideró el promedio del contenido de humedad del ensayo de proctor modificado sin aditivo como dosificación, siendo considerado a este el 100%.

Considerando trabajar con los siguientes porcentajes 15%,30%,45%,60%. Para los diferentes ensayos.

.Tabla 27: DOSIFICACIÓN PROPUESTA PARA LOS DISEÑOS CON ADITIVO CON-AID EN LOS DIFERENTES ENSAYOS.

DOSIFICACIÓN PROPUESTA PARA LA PRESENTE INVESTIGACIÓN					
Límite Líquido.	CON ADITIVO.	1	CON-AID.	100%	2.62 gr
				15%	0.39 gr
		2	CON-AID.	100%	2.62 gr
				30%	0.79 gr
		3	CON-AID.	100%	2.62 gr
				45%	1.18 gr
		4	CON-AID.	100%	2.62 gr
				60%	1.57 gr
Límite Plástico.	CON ADITIVO.	1	CON-AID.	100%	0.68 gr
				15%	0.10 gr
		2	CON-AID.	100%	0.68 gr
				30%	0.20 gr
		3	CON-AID.	100%	0.68 gr
				45%	0.31 gr
		4	CON-AID.	100%	0.68 gr
				60%	0.41 gr
Proctor Modificado CBR de Laboratorio.	CON ADITIVO.	1	CON-AID.	100%	6.7 gr
				15%	1.0 gr
		2	CON-AID.	100%	6.7 gr
				30%	2.0 gr
		3	CON-AID.	100%	6.7 gr
				45%	3.0 gr
		4	CON-AID.	100%	6.7 gr
				60%	4.0 gr

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Se consideró el 100% de aditivo al peso del agua, que contienen los ensayo de límite líquido e índice de plasticidad.

Se consideró para los ensayo de proctor modificado, CBR de laboratorio al 100% de aditivo iónico al promedio del peso del agua del ensayo de humedad realizado en el ensayo de proctor modificado.



3.4.3.1. ENSAYO DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.

3.4.3.1.1. ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO DE SUELOS.

3.4.3.1.1.1. INSTRUMENTOS.

- Vasija de porcelana de 115 mm de diámetro aproximado.
- Espátula de hoja flexible de 3” a 4” de longitud y ¾” de ancho.
- Cuchara de Casagrande, de operación manual.
- Acanalador.
- Recipiente o taras para almacenar y secar material.
- Balanza de precisión.
- Horno de secado, capaz de mantener temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Cuchara de Casagrande.
- Tamiz de N° 40.

3.4.3.1.1.2. PROCEDIMIENTOS.

- Se tomó una muestra de aproximadamente 200 gr, de una porción de agregado que pasa el tamiz de 0.425 mm (N°40).
- Se colocó la muestra de suelo en la vasija de porcelana para mezclarse con agua y aditivo, para amasarlo y tajarlo con la espátula en forma alternada y repetida.

**Figura 61: MEZCLADO DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°40
ADICIONANDO AGUA Y ADITIVO.**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se procedió a colocar una porción de la mezcla en la cuchara de Casagrande, extendiéndolo con la espátula, teniendo cuidado de incluir burbujas en la masa. Se procedió a nivelar el suelo con la espátula emparejándolo, hasta conseguir una superficie pareja con una profundidad máxima de 1 cm.

Figura 62: PREPARADO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Se procedió a dividir el la masa de suelo de la cazuela, con pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro de la cuchara, pasando suavemente con el acanalador se penetro poco a poco hasta que se logró separar totalmente las dos partes.
- Se procedió a elevar y golpear la cuchara de Casagrande girando la manija a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta lograr que las dos mitades se junten en una longitud de 0.5” a lo largo de la ranura, anotando los golpes necesarios para lograr este objetivo.

Figura 63: PREPARADO DE SUELO MEZCLADO EN LA CUCHARA DE CASAGRANDE.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Luego se procedió a sacar una tajada de la masa de la cuchara de Casagrande, para luego depositarlo en un envase para su internado en un horno para su posterior seca y registro de pesos.

3.4.3.1.1.3. TOMA DE DATOS.

Luego de realizado la prueba de límite líquido en la referida cuchara de Casagrande, se tomaron apunte de los presentes datos que se presentan a continuación.



Tabla 28: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	15.00%	0.39				
Determinación de Limite Liquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	20.5	18.99	21.3	23.4	19.98	19.4
Peso de Suelo seco + lata.	18.16	17.05	18.87	20.24	17.5	17.08
Peso de Lata.	6.48	6.54	6.56	6.73	6.75	6.43
Numero de Golpes, N.	35.00	32.00	26.00	21.00	18.00	18.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 29: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	30.00%	0.79				
Determinación de Limite Liquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	26.67	28.44	26.94	29.48	27.76	31.27
Peso de Suelo seco + lata.	23.78	24.86	23.75	25.57	24.2	26.94
Peso de Lata.	7.43	7.48	7.54	7.56	7.75	7.73
Numero de Golpes, N.	35.00	31.00	29.00	25.00	19.00	17.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 30: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	45.00%	1.18				
Determinación de Limite Liquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	35.57	31.36	32.03	32.34	34.79	36
Peso de Suelo seco + lata.	32.42	28.8	29.29	29.52	31.44	32.31
Peso de Lata.	15.44	15.48	15.76	15.56	15.54	15.73
Numero de Golpes, N.	36.00	31.00	27.00	23.00	21.00	18.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 31: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	60.00%	1.57				
Determinación de Limite Liquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	34.78	31.81	31.53	31.39	34.34	33.27
Peso de Suelo seco + lata.	30.91	28.1	27.85	27.84	30.14	29.3
Peso de Lata.	10.14	10.05	9.9	10.31	10.43	10.24
Numero de Golpes, N.	34.00	25.00	23.00	21.00	19.00	18.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



3.4.3.1.2. ENSAYO DE LIMITE PLÁSTICO DE SUELOS.

3.4.3.1.2.1. INSTRUMENTOS.

- Espátula, de hoja flexible de 3” o 4” de longitud por $\frac{3}{4}$ ” de ancho.
- Recipiente de porcelana de 115 mm de diámetro aproximado.
- Balanza de precisión.
- Horno de secado, capaz de mantener temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Tamiz N°40.
- Agua destilada.
- Recipientes o taras para almacenar y secar material.
- Superficie de rodadura de vidrio.

3.4.3.1.2.2. PROCEDIMIENTOS.

- Se preparó 20 gr. de la muestra que pasa el tamiz N°40 , se procedió a amasar con agua destilada hasta que se logró formarse una masa homogénea de suelo.
- Se moldeó cilindros con la masa de suelo, sobre la superficie de vidrio hasta lograr un cilindro de 3.20 mm, sin que se haya desmoronado el cilindro. Se repitió el proceso hasta que el cilindro elaborado se comience a desmoronar.

Figura 64: AMASADO DE CILINDROS HECHOS CON SUELO QUE PASA EL TAMIZ N°40.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Los trozos obtenidos se colocan en la tara para su colocado en el horno y posterior secada y pesada del mismo.

Figura 65: COLOCADO DE LOS CILINDROS ELABORADOS PARA SU SECADO Y POSTERIOR PESADO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.3.1.2.3. TOMA DE DATOS.

Para el ensayo de límite plástico, se practicaron 03 repeticiones, de dichos procedimientos se tomaron los siguientes datos:

Tabla 32: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	15.00%	0.10				
<u>Determinación del Limite Plástico.</u>						
Lata N°.	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	17.81	16.03	17.14	16.63	17.00	16.86
Peso de Suelo seco + lata.	17.06	15.41	16.32	15.87	16.25	16.11
Peso de Lata.	10.3	10.16	10.25	10.05	10.23	10.15

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 33: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	30.00%	0.20				
<u>Determinación del Limite Plástico.</u>						
Lata N°.	N-1.	N-2.	N-3.	N-4.	N-5.	N-6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	26.64	24.57	26.12	25.89	26.00	26.24
Peso de Suelo seco + lata.	25.09	23.41	24.32	23.87	24.25	24.10
Peso de Lata.	10.68	10.03	10.02	9.82	10.00	9.92

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 34: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	45.00%	0.31				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N -1.	N -2.	N -3.	N -4.	N -5.	N -6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	20.40	19.76	19.97	18.78	20.00	19.30
Peso de Suelo seco + lata.	19.34	18.76	18.98	18.09	19.05	18.54
Peso de Lata.	11.45	11.08	11.47	11.01	11.65	11.35

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 35: TOMA DE PESOS DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	60.00%	0.41				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N -1.	N -2.	N -3.	N -4.	N -5.	N -6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	23.27	22.89	24.18	22.42	23.09	23.33
Peso de Suelo seco + lata.	22.16	21.91	23.06	21.39	22.04	22.23
Peso de Lata.	13.19	13.26	13.36	12.98	13.23	13.17

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



3.4.3.1.3. ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS MODIFICADO

3.4.3.1.3.1. INSTRUMENTOS.

- Los mismos elementos utilizados en el ensayo de compactación de suelos modificado, aplicada a la muestra natural.
- El 15%, 30%, 45%, 60% de la dosificación de Estabilizante químico CON-AID, del material de cantera del Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo- Mayumbamba es un porcentaje equivalente al 100% del contenido de agua de dicho ensayo.

3.4.3.1.3.2. TOMA DE DATOS.

Del ensayo de compactación de suelos modificado, aplicado a la muestra adicionada con estabilizantes iónico se obtuvo:

Tabla 36: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	15%	1.0 gr										
Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	55	45	35	35	41	60	45	55	65	25	38	48
Peso de Suelo húmedo + lata	83.71	156.12	59.13	158.00	124.75	86.65	93.13	51.56	88.18	109.40	88.59	152.14
Peso de Suelo seco + lata	79.35	147.05	56.07	147.08	115.69	80.58	86.17	48.75	81.18	100.27	81.24	138.03
Peso de Lata	20.62	21.33	20.65	21.82	21.34	20.17	19.83	21.28	20.78	21.33	20.39	21.61
Peso de Suelo seco	58.73	125.72	35.42	125.26	94.35	60.41	66.34	27.47	60.40	78.94	60.85	116.42
Peso de agua	4.36	9.07	3.06	10.92	9.06	6.07	6.96	2.81	7.00	9.13	7.35	14.11
Contenido de humedad %	7.42%	7.21%	8.64%	8.72%	9.60%	10.05%	10.49%	10.23%	11.59%	11.57%	12.08%	12.12%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 37: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID		100%		6.7 gr		
		15%		1.0 gr		
Altura	11.64 cm					
Volumen	2140.06 cm ³					
Diámetro	15.30 cm					
Muestra N°	1	2	3	4	5	6
Peso del Molde.	6673.0	6673.1	6672.5	6673.7	6672.8	6673.8
Peso de suelo + molde	10440.7	10583.7	10680.7	10617.7	10512.2	10509.2

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 38: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID	100%		6.7 gr									
	30%		2.0 gr									
<u>Determinación de Contenido de Humedad.</u>												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	35	35	38	45	45	65	55	25	48	41	60	55
Peso de Suelo húmedo + lata	100.13	171.33	76.33	172.13	139.28	101.25	107.63	68.73	103.13	124.13	103.43	166.83
Peso de Suelo seco + lata	94.99	160.61	72.14	160.14	129.25	94.04	99.53	64.47	94.88	113.77	95.03	151.21
Peso de Lata	24.20	25.10	25.40	23.80	25.70	26.40	25.30	23.90	26.20	23.50	26.30	23.50

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 39: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID		100%				6.7 gr	
		30%				2.0 gr	
Altura		11.65 cm					
Volumen		2139.10 cm ³					
Diámetro		15.29 cm					
Muestra N°		1	2	3	4	5	6
Peso del Molde.		6673.1	6673.8	6672.8	6672.5	6673.0	6673.7
Peso de suelo + molde		10487.7	10601.7	10703.7	10630.7	10540.2	10527.2

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 40: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID	100%		6.7 gr									
	45%		3.0 gr									
Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	55	41	38	35	35	45	25	45	65	60	55	48
Peso de Suelo húmedo + lata	63.58	135.57	40.75	136.63	103.17	64.87	70.89	31.99	66.00	87.14	65.97	130.19
Peso de Suelo seco + lata	60.87	127.46	39.45	127.51	96.07	60.93	66.56	31.16	61.56	80.66	61.56	118.46
Peso de Lata	25.30	24.20	25.10	25.40	26.20	23.80	26.40	23.50	23.90	26.30	25.70	23.50

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 41: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID		100%		6.7 gr			
		45%		3.0 gr			
Altura		11.65 cm					
Volumen		2136.30 cm ³					
Diámetro		15.28 cm					
Muestra N°		1	2	3	4	5	6
Peso del Molde.		6672.5	6673.8	6673.7	6673.0	6672.8	6673.1
Peso de suelo + molde		10499.7	10625.8	10738.0	10648.7	10570.2	10550.2

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 42: TOMA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID	100%		6.7 gr									
	60%		4.0 gr									
Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	45	38	41	45	35	48	35	25	60	55	55	65
Peso de Suelo húmedo + lata	63.77	70.91	77.74	71.43	78.24	64.63	71.13	81.41	65.73	90.73	84.03	85.04
Peso de Suelo seco + lata	60.86	67.46	73.14	67.46	73.07	60.96	66.56	75.84	61.56	83.66	77.57	78.46
Peso de Lata	23.80	23.50	23.90	23.50	24.20	26.40	25.40	25.30	26.30	25.10	25.70	26.20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 43: TOMA DE PESOS UNITARIOS DEL ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID		100%		6.7 gr		
		60%		4.0 gr		
Altura	11.64 cm					
Volumen	2140.06 cm ³					
Diámetro	15.30 cm					
Muestra N°	1	2	3	4	5	6
Peso del Molde.	6673.1	6672.8	6673.8	6673.7	6672.5	6673.0
Peso de suelo + molde	10538.5	10650.5	10762.2	10684.8	10602.5	10583.5

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.4.3.1.4. ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO DE LOS SUELOS.

3.4.3.1.4.1. INSTRUMENTOS.

- Los mismos elementos utilizados en el ensayo de determinación de CBR, aplicada a la muestra natural.
- El 15%, 30%, 45%, 60% de la dosificación de Estabilizante químico CON-AID, del material de cantera del Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo- Mayumbamba es un porcentaje equivalente al 100% del contenido de agua del ensayo de proctor modificado.

3.4.3.1.4.2. TOMA DE DATOS.

Del ensayo de determinación de CBR de laboratorio, aplicado a la muestra adicionada con estabilizante se obtuvo cuadros de toma de datos, el primero mostrando datos de n° de muestra, los n° de golpes, peso del suelo húmedo mas tara, etc.



El segundo muestra peso, alturas, volumen del molde. Los cuales se presentan a continuación:

Tabla 44: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID		100%		6.7 gr		
		15%		1.0 gr		
<i>Muestra N°</i>	1	2	3			
<i>Numero de Golpes</i>	12	25	56			
<i>Lata de Humedad N°</i>	55	35	60	45	38	25
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	386.75	394.47	786.58	258.48	357.16	654.74
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	367.45	377.27	769.67	240.86	335.73	632.75
<i>Peso de Lata</i>	26.20	26.30	23.90	25.10	25.40	23.80

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 45: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 15%.

CON-AID	100%		6.7 gr		
	15%		1.0 gr		
<i>Muestra N°</i>	1	2	3		
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5		
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45		
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46		
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56		
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208		
<i>Peso de suelo + molde</i>	13254	13558	13986		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 46: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID		100%		6.7 gr		
		30%		2.0 gr		
<i>Muestra N°</i>	1	2		3		
<i>Numero de Golpes</i>	12	25		56		
<i>Lata de Humedad N°</i>	41	55	38	45	17	65
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	247.88	159.62	234.75	287.79	205.52	214.88
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	239.88	151.02	223.76	275.45	195.87	205.06
<i>Peso de Lata</i>	24.20	26.20	25.40	25.10	26.48	26.40

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 47: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 30%.

CON-AID	100%		6.7 gr	
	30%		2.0 gr	
<i>Muestra N°</i>	1	2	3	
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5	
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45	
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46	
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56	
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208	
<i>Peso de suelo + molde</i>	14017	14293	14633	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 48: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID		100%		6.7 gr		
		45%		3.0 gr		
<i>Muestra N°</i>	1	2		3		
<i>Numero de Golpes</i>	12	25		56		
<i>Lata de Humedad N°</i>	45	25	55	35	38	60
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	316.32	228.06	303.19	356.23	273.96	283.32
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	302.71	214.75	288.74	341.83	261.44	270.33
<i>Peso de Lata</i>	25.10	23.80	26.20	26.30	25.40	23.90

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 49: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 45%.

CON-AID	100%		6.7 gr	
	45%		3.0 gr	
<i>Muestra N°</i>	1	2	3	
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5	
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45	
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46	
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56	
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208	
<i>Peso de suelo + molde</i>	14381	14612	15148	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 50: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID		100%		6.7 gr		
		60%		4.0 gr		
<i>Muestra N°</i>	1	2		3		
<i>Numero de Golpes</i>	12	25		56		
<i>Lata de Humedad N°</i>	38	55	60	65	45	17
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	341.73	253.47	328.60	381.64	299.37	308.73
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	328.85	240.65	311.92	365.48	285.36	294.57
<i>Peso de Lata</i>	25.40	26.20	23.90	26.40	25.10	26.48

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 51: PESO ESPECÍFICO DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 CON LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE AL 60%.

CON-AID	100%		6.7 gr	
	60%		4.0 gr	
<i>Muestra N°</i>	1	2	3	
<i>Altura molde</i>	12.6	12.5	12.5	
<i>Diámetro "cm"</i>	15.15	15.40	15.45	
<i>Volumen Molde</i>	2271.36	2328.31	2343.46	
<i>Numero de golpes</i>	12	25	56	
<i>Peso del Molde</i>	8208	8207	8208	
<i>Peso de suelo + molde</i>	15420	15634	15841	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



3.5. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.

3.5.1. ANÁLISIS DE DATOS DE MUESTREO Y EXPLORACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 02+700.

3.5.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.

Tabla 52: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO HOJA N°01.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 60 y 35.		

CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		A
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	60
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	82.20
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	78.20
PESO DEL AGUA	g	4.00
PESO DE LA CAPSULA	g	23.90
PESO DEL SUELO SECO	g	54.30
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.37%

CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		A
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	35
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	153.40
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	144.80
PESO DEL AGUA	g	8.60
PESO DE LA CAPSULA	g	26.30
PESO DEL SUELO SECO	g	118.50
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.26%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 53: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°02.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN MATERIAL	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA. DE CANTERA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 45 y 55.		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		B
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	45
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	58.40
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	55.80
PESO DEL AGUA	g	2.60
PESO DE LA CAPSULA	g	25.10
PESO DEL SUELO SECO	g	30.70
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.47%
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		B
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	55
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	154.20
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	144.80
PESO DEL AGUA	g	9.40
PESO DE LA CAPSULA	g	26.20
PESO DEL SUELO SECO	g	118.60
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.93%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 54: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°03.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN MATERIAL	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA. DE CANTERA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 38 y 41.		

CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		C
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	38
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	121.35
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	113.41
PESO DEL AGUA	g	7.94
PESO DE LA CAPSULA	g	25.40
PESO DEL SUELO SECO	g	88.01
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.02%

CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		C
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	41
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	83.32
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	78.30
PESO DEL AGUA	g	5.02
PESO DE LA CAPSULA	g	24.20
PESO DEL SUELO SECO	g	54.10
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.28%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 55: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°04.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 25 y 35.		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		D
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	25
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	89.70
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	83.90
PESO DEL AGUA	g	5.80
PESO DE LA CAPSULA	g	23.80
PESO DEL SUELO SECO	g	60.10
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	9.65%
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		D
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	35
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	50.80
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	48.50
PESO DEL AGUA	g	2.30
PESO DE LA CAPSULA	g	25.70
PESO DEL SUELO SECO	g	22.80
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	10.09%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 56: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°05.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES: Se toma como muestra los números de taras N° 45 y 55.		
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		E
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	45
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	85.20
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	78.90
PESO DEL AGUA	g	6.30
PESO DE LA CAPSULA	g	23.50
PESO DEL SUELO SECO	g	55.40
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	11.37%
CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN		E
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	55
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	106.20
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	98.00
PESO DEL AGUA	g	8.20
PESO DE LA CAPSULA	g	25.30
PESO DEL SUELO SECO	g	72.70
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	11.28%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 57: RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO N°06.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:
UBICACIÓN	CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	
MATERIAL	DE CANTERA.	
OBSERVACIONES:		Se toma como muestra los números de taras N° 48 y 65.

<u>CONTENIDO DE HUMEDAD</u>		
DESCRIPCIÓN		F
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	48
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	85.50
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	78.90
PESO DEL AGUA	g	6.60
PESO DE LA CAPSULA	g	23.50
PESO DEL SUELO SECO	g	55.40
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	11.91%

<u>CONTENIDO DE HUMEDAD</u>		
DESCRIPCIÓN		F
ENSAYO N°		
CAPSULA N°	ID	65
PESO DE CAPSULA + SUELO HÚMEDO	g	148.90
PESO DE CAPSULA + SUELO SECO	g	135.80
PESO DEL AGUA	g	13.10
PESO DE LA CAPSULA	g	26.40
PESO DEL SUELO SECO	g	109.40
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	11.97%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**3.5.1.1.1. CONCLUSIONES PARCIALES.**

Los resultados obtenidos del ensayo de humedad del material de cantera Km 02+700 de la ruta San Jerónimo – Mayumbamba. La muestra varía entre 7.26% a 11.97% con un promedio de 9.63% habiéndose analizado un total de 12 capsulas.

Tabla 58: RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700.

<i>Muestra N°</i>	<i>CAPSULA N°</i>	<i>CONTENIDO DE HUMEDAD (W%).</i>
A	60	7.37%
	35	7.26%
B	45	8.47%
	55	7.93%
C	38	9.02%
	41	9.28%
D	25	9.65%
	35	10.09%
E	45	11.37%
	55	11.28%
F	48	11.91%
	65	11.97%
PROMEDIO.		9.63%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

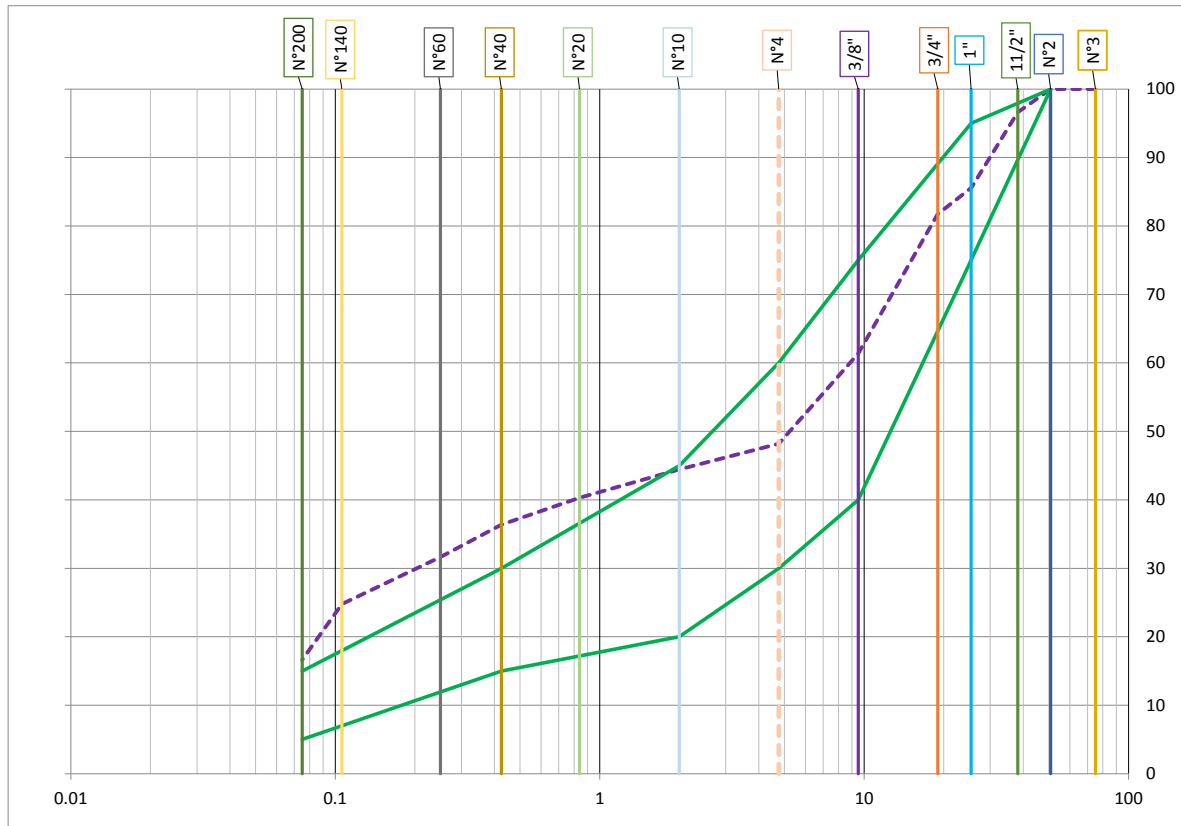
3.5.1.2. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.

Tabla 59: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km2+700.

DATOS DE LA MUESTRA		BACHILLER:	
UBICACIÓN	: CANTERA Km 02 + 700 Km DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN	
MATERIAL	: DE CANTERA.		
OBSERVACIONES:			
PESO SECO TOTAL DE MUESTRA EN GRAMOS (g)		5,125.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS			
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (g)	%
SERIE	ABERTURA (mm)		
3"	75.000	0.00	0.00%
2"	50.800	0.00	0.00%
1 ½"	38.100	173.50	3.39%
1"	25.400	566.83	11.06%
¾"	19.000	196.29	3.83%
3/8"	9.500	1,044.13	20.37%
N° 4	4.760	673.43	13.14%
N° 10	2.000	193.21	3.77%
N° 20	0.840	211.66	4.13%
N° 40	0.425	201.41	3.93%
N° 60	0.250	241.90	4.72%
N° 140	0.106	353.11	6.89%
N° 200	0.075	417.67	8.15%
FONDO.		851.61	16.62%
PERDIDAS.		0.25	0.00%
TOTAL.		5,125.00	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 66: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL DE CANTERA Km2+700.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.5.1.2.1. CONCLUSIONES PARCIALES.

Los resultados obtenidos del ensayo de granulometría del material de cantera Km02+700 de la ruta San Jerónimo – Mayumbamba. Muestran pesos retenidos que no se encuentran dentro del marco entre ellos resaltan los de característica fina.

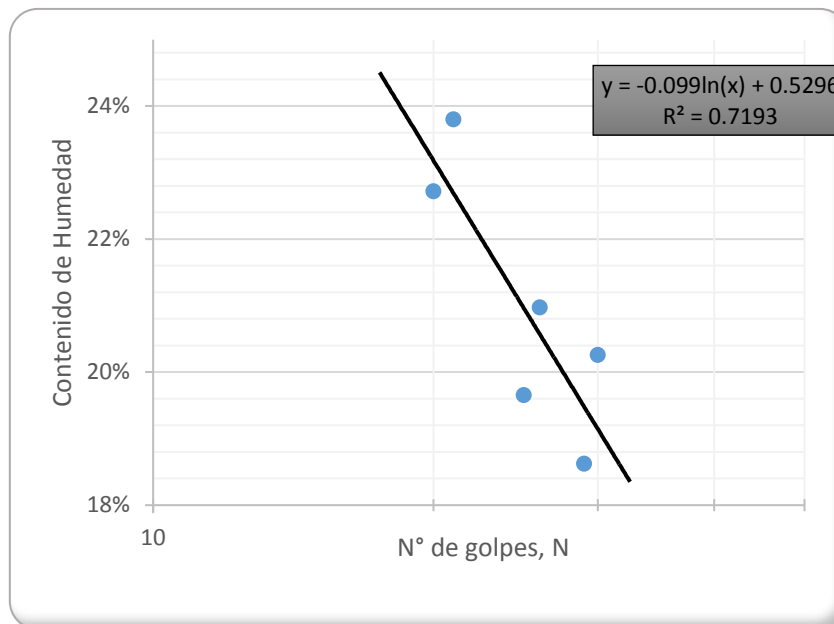
3.5.1.3. LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

Tabla 60: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

Determinación de Limite Líquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	23.25	24.52	23.88	25.78	23.57	26.42
Peso de Suelo seco + lata.	20.88	22.17	21.12	23.16	20.69	23.66
Peso de Lata.	9.18	9.55	7.96	9.83	8.59	11.51
Peso de agua.	2.37	2.35	2.76	2.62	2.88	2.76
Peso de Suelo seco.	11.70	12.62	13.16	13.33	12.10	12.15
Contenido de humedad %.	20%	19%	21%	20%	24%	23%
Numero de Golpes, N.	30.00	29.00	26.00	25.00	21.00	20.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 67: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



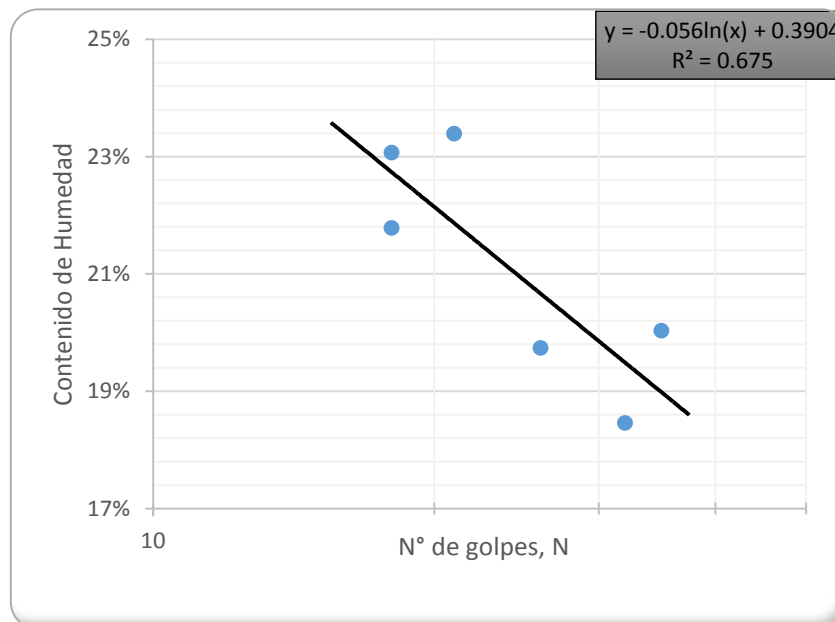
3.5.1.4. LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO CON-AID.

Tabla 61: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	15.00%	0.39				
Determinación de Limite Liquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	20.5	18.99	21.3	23.4	19.98	19.4
Peso de Suelo seco + lata.	18.16	17.05	18.87	20.24	17.5	17.08
Peso de Lata.	6.48	6.54	6.56	6.73	6.75	6.43
Peso de agua.	2.34	1.94	2.43	3.16	2.48	2.32
Peso de Suelo seco.	11.68	10.51	12.31	13.51	10.75	10.65
Contenido de humedad %.	20%	18%	20%	23%	23%	22%
Numero de Golpes, N.	35.00	32.00	26.00	21.00	18.00	18.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 68: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.



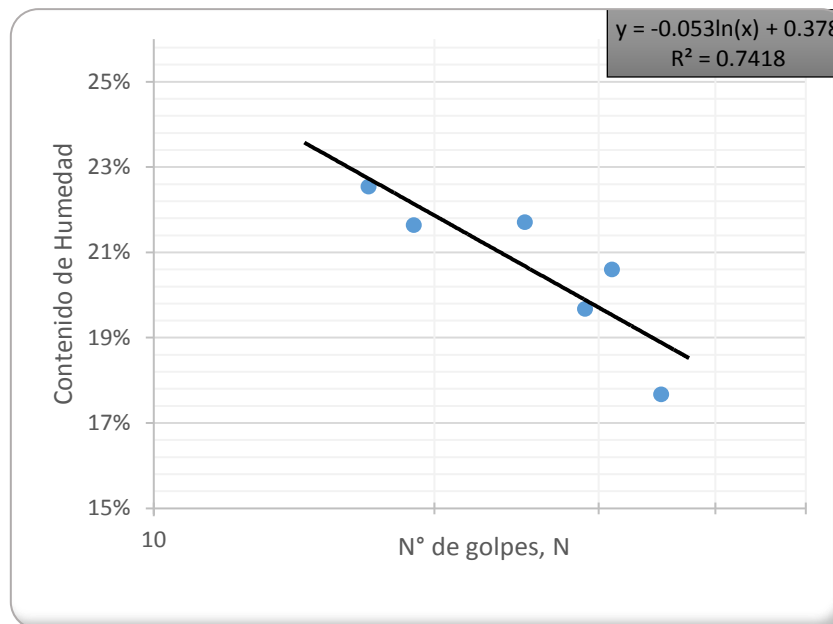
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 62: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	30.00%	0.79				
Determinación de Limite Líquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	26.67	28.44	26.94	29.48	27.76	31.27
Peso de Suelo seco + lata.	23.78	24.86	23.75	25.57	24.2	26.94
Peso de Lata.	7.43	7.48	7.54	7.56	7.75	7.73
Peso de agua.	2.89	3.58	3.19	3.91	3.56	4.33
Peso de Suelo seco.	16.35	17.38	16.21	18.01	16.45	19.21
Contenido de humedad %.	18%	21%	20%	22%	22%	23%
Numero de Golpes, N.	35.00	31.00	29.00	25.00	19.00	17.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 69: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.



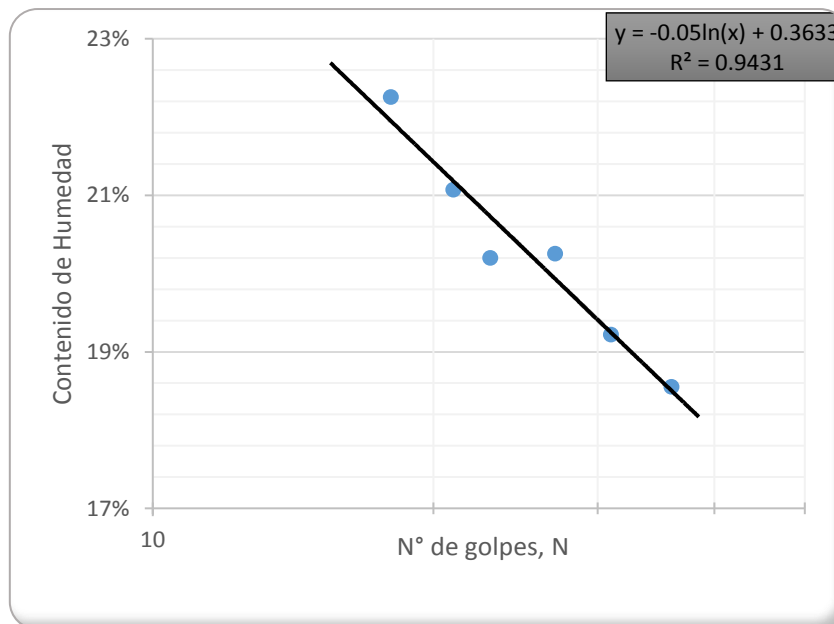
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 63: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	45.00%	1.18				
Determinación de Limite Líquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	35.57	31.36	32.03	32.34	34.79	36
Peso de Suelo seco + lata.	32.42	28.8	29.29	29.52	31.44	32.31
Peso de Lata.	15.44	15.48	15.76	15.56	15.54	15.73
Peso de agua.	3.15	2.56	2.74	2.82	3.35	3.69
Peso de Suelo seco.	16.98	13.32	13.53	13.96	15.90	16.58
Contenido de humedad %.	19%	19%	20%	20%	21%	22%
Numero de Golpes, N.	36.00	31.00	27.00	23.00	21.00	18.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 70: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.



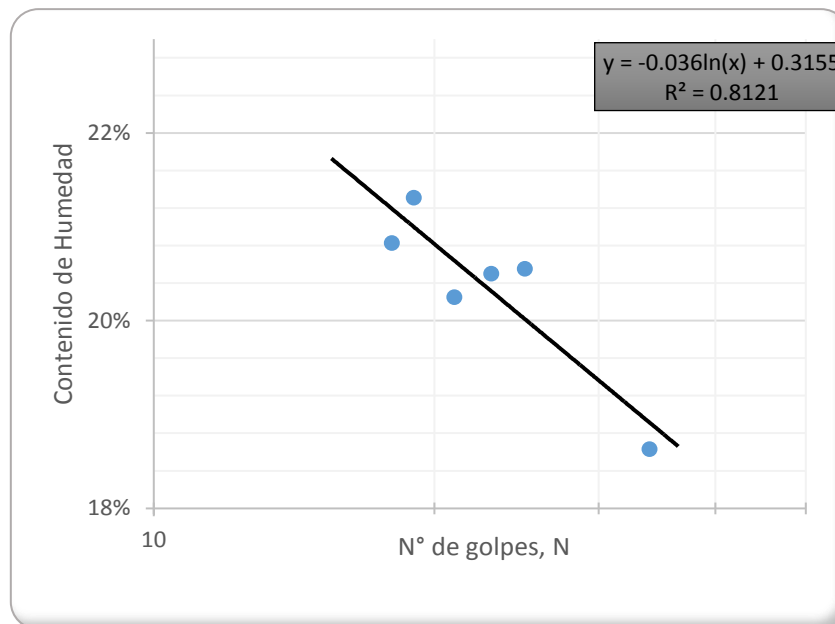
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 64: DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.

CON-AID	100.00%	2.62				
CON-AID	60.00%	1.57				
Determinación de Limite Líquido.						
Lata N°	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	34.78	31.81	31.53	31.39	34.34	33.27
Peso de Suelo seco + lata.	30.91	28.1	27.85	27.84	30.14	29.3
Peso de Lata.	10.14	10.05	9.9	10.31	10.43	10.24
Peso de agua.	3.87	3.71	3.68	3.55	4.20	3.97
Peso de Suelo seco.	20.77	18.05	17.95	17.53	19.71	19.06
Contenido de humedad %.	19%	20.6%	20.5%	20.3%	21%	21%
Numero de Golpes, N.	34.00	25.00	23.00	21.00	19.00	18.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 71: CURVA CONTENIDO DE HUMEDAD FRENTE A NUMERO DE GOLPES DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.5.1.5. LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

Tabla 65: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	17.47	16.51	17.19	17.06	16.99	17.33
Peso de Suelo seco + lata.	16.87	15.76	16.49	16.37	16.31	16.68
Peso de Lata.	11.8	10.01	10.93	10.91	10.90	11.36
Peso de agua.	0.6	0.75	0.7	0.69	0.68	0.65
Peso de Suelo seco.	5.07	5.75	5.56	5.46	5.41	5.32
Contenido de humedad %.	12%	13%	13%	13%	13%	12%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.5.1.6. LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO.

Tabla 66: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	15.00%	0.10				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	17.81	16.03	17.14	16.63	17.00	16.86
Peso de Suelo seco + lata.	17.06	15.41	16.32	15.87	16.25	16.11
Peso de Lata.	10.3	10.16	10.25	10.05	10.23	10.15
Peso de agua.	0.75	0.62	0.82	0.76	0.75	0.75
Peso de Suelo seco.	6.76	5.25	6.07	5.82	6.02	5.96
Contenido de humedad %.	11%	12%	14%	13%	12%	13%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 67: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	30.00%	0.20				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	26.64	24.57	26.12	25.89	26.00	26.24
Peso de Suelo seco + lata.	25.09	23.41	24.32	23.87	24.25	24.10
Peso de Lata.	10.68	10.03	10.02	9.82	10.00	9.92
Peso de agua.	1.55	1.16	1.8	2.02	1.75	2.15
Peso de Suelo seco.	14.41	13.38	14.3	14.05	14.25	14.175
Contenido de humedad %.	11%	9%	13%	14%	12%	15%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 68: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	45.00%	0.31				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
Peso de Suelo húmedo + lata.	20.40	19.76	19.97	18.78	20.00	19.30
Peso de Suelo seco + lata.	19.34	18.76	18.98	18.09	19.05	18.54
Peso de Lata.	11.45	11.08	11.47	11.01	11.65	11.35
Peso de agua.	1.06	1	0.99	0.69	0.95	0.77
Peso de Suelo seco.	7.89	7.68	7.51	7.08	7.4	7.185
Contenido de humedad %.	13%	13%	13%	10%	13%	11%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 69: DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.

CON-AID	100.00%	0.68				
CON-AID	60.00%	0.41				
Determinación del Limite Plástico.						
Lata N°.	N - 1.	N - 2.	N - 3.	N - 4.	N - 5.	N - 6.
<i>Peso de Suelo húmedo + lata.</i>	23.27	22.89	24.18	22.42	23.09	23.33
<i>Peso de Suelo seco + lata.</i>	22.16	21.91	23.06	21.39	22.04	22.23
<i>Peso de Lata.</i>	13.19	13.26	13.36	12.98	13.23	13.17
<i>Peso de agua.</i>	1.11	0.98	1.12	1.03	1.06	1.11
<i>Peso de Suelo seco.</i>	8.97	8.65	9.7	8.41	8.81	9.055
<i>Contenido de humedad %.</i>	12%	11%	12%	12%	12%	12%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.5.1.7. ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 02+700 SIN ADITIVO.

Tabla 70: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

Limite Liquido.	21.093%
Limite Plástico.	12.482%
Índice de Plasticidad (IP).	8.611%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.5.1.8. ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO.

Tabla 71: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL
DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

Limite Líquido.	21.014%
Limite Plástico.	12.419%
Índice de Plasticidad (IP).	8.595%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 72: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL
DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

Limite Líquido.	20.740%
Limite Plástico.	12.301%
Índice de Plasticidad (IP).	8.439%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 73: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL
DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

Limite Líquido.	20.236%
Limite Plástico.	12.145%
Índice de Plasticidad (IP).	8.091%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 74: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL
DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

Limite Líquido.	19.962%
Limite Plástico.	11.946%
Índice de Plasticidad (IP).	8.016%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.5.1.8.1. CONCLUSIONES PARCIALES.

Resultados obtenidos del ensayo de límites de attenberg.

Tabla 75: RESULTADO DE LOS ENSAYO DE LIMITES DE ATTENBERG DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700.

<i>MUESTRA N°</i>	<i>LIMITE LIQUIDO</i>	<i>LIMITE PLASTICO</i>	<i>INDICE DE PLASTICIDAD</i>
<i>SIN ADITIVO</i>	21.093%	12.482%	8.611%
<i>ADI + 15%.</i>	21.014%	12.419%	8.595%
<i>ADI + 30%.</i>	20.740%	12.301%	8.439%
<i>ADI + 45%.</i>	20.236%	12.145%	8.091%
<i>ADI + 60%.</i>	19.962%	11.946%	8.016%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

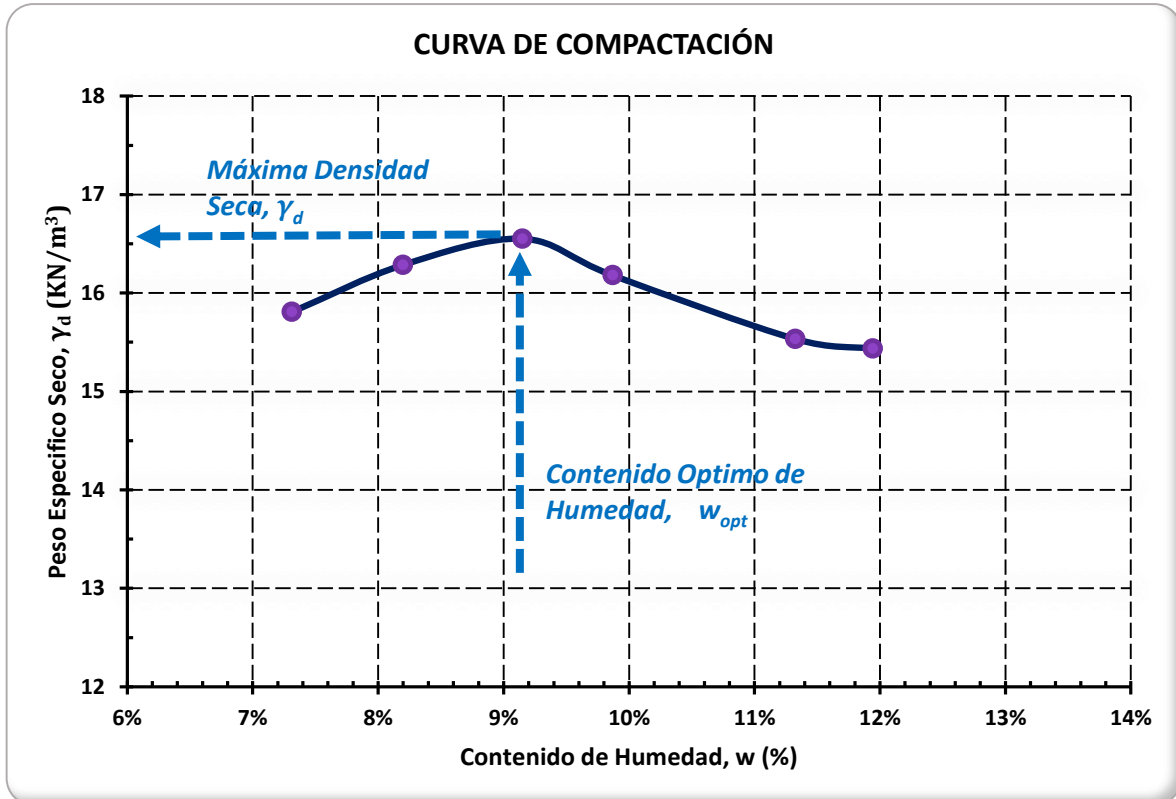
3.5.1.9. ANÁLISIS DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO DE LA CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

Tabla 76: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	60	35	45	55	38	41	25	35	45	55	48	65
Peso de Suelo húmedo + lata	82.20	153.40	58.40	154.20	121.35	83.32	89.70	50.80	85.20	106.20	85.50	148.90
Peso de Suelo seco + lata	78.20	144.80	55.80	144.80	113.41	78.30	83.90	48.50	78.90	98.00	78.90	135.80
Peso de Lata	23.90	26.30	25.10	26.20	25.40	24.20	23.80	25.70	23.50	25.30	23.50	26.40
Peso de Suelo seco	54.30	118.50	30.70	118.60	88.01	54.10	60.10	22.80	55.40	72.70	55.40	109.40
Peso de agua	4.00	8.60	2.60	9.40	7.94	5.02	5.80	2.30	6.30	8.20	6.60	13.10
Contenido de humedad %	7.37%	7.26%	8.47%	7.93%	9.02%	9.28%	9.65%	10.09%	11.37%	11.28%	11.91%	11.97%
Determinación de la densidad.												
Diámetro.	15.28 cm				Volumen.				2136.30 cm ³			
Altura.	11.65 cm				Peso del Pistón.				4.54 kg			
N° Capas.	5				N° de Golpes.				56			
Método Usado.	"C".				Molde.				6.0 pulg			
Aditivo.	Sin Aditivo.				Tamices.				3/4", 3/8"			
Contenido de humedad deseado.	7%	8%	9%	10%	11%	12%						
Contenido de humedad, wm.	7.31%	8.20%	9.15%	9.87%	11.33%	11.94%	9.63%					
Peso del Molde.	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0	6673.0						
Peso de suelo + molde.	10367.0	10510.0	10607.0	10544.0	10438.5	10435.5						
Peso de suelo seco en molde, g.	3694	3837	3934	3871	3766	3763						
Densidad húmeda KN/m ³	16.96	17.62	18.07	17.78	17.29	17.28						
Densidad seca, (γseca) KN/m ³	15.81	16.28	16.55	16.18	15.53	15.43	15.96					
Curva de ceros vacíos de aire.	0.58	0.55	0.53	0.51	0.47	0.46						

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 72: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



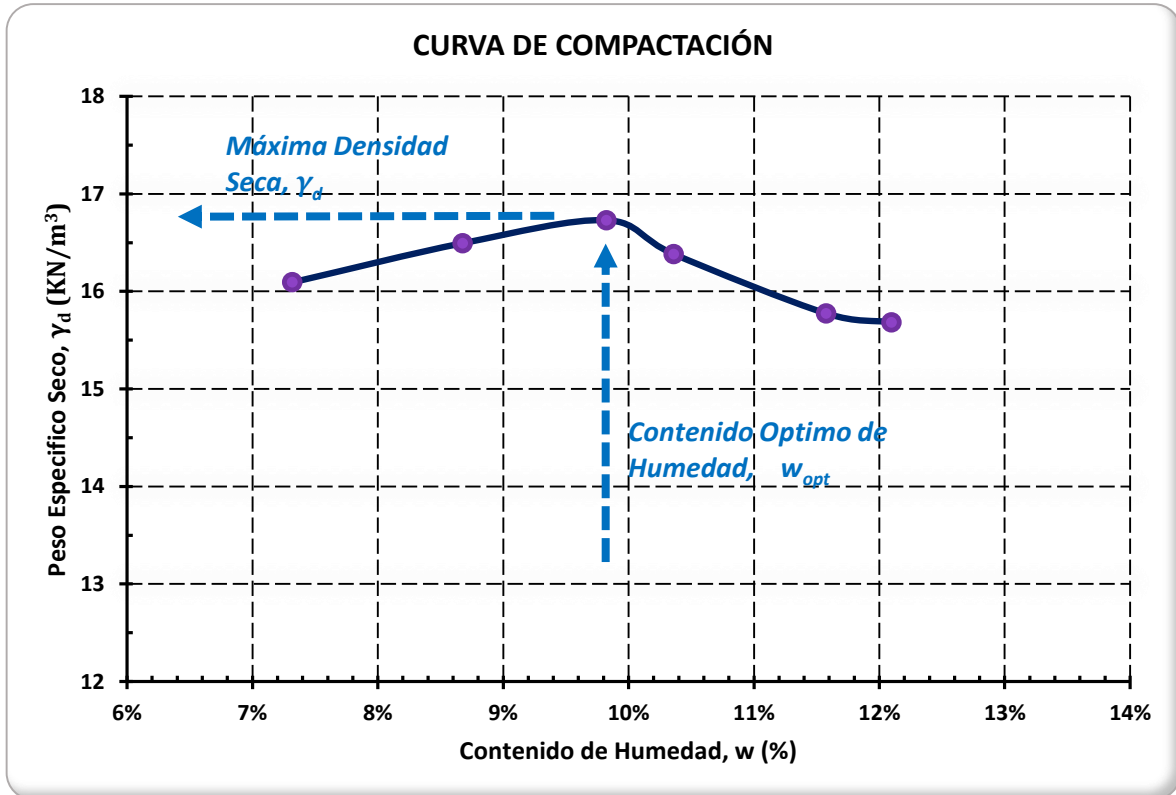
3.5.1.10. ANÁLISIS DE PROCTOR MODIFICADO DEL SUELO DE LA CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO.

Tabla 77: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	15%	1.0 gr										
Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
<i>Lata de Humedad N°</i>	55	45	35	35	41	60	45	55	65	25	38	48
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	83.71	156.12	59.13	158.00	124.75	86.65	93.13	51.56	88.18	109.40	88.59	152.14
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	79.35	147.05	56.07	147.08	115.69	80.58	86.17	48.75	81.18	100.27	81.24	138.03
<i>Peso de Lata</i>	20.62	21.33	20.65	21.82	21.34	20.17	19.83	21.28	20.78	21.33	20.39	21.61
<i>Peso de Suelo seco</i>	58.73	125.72	35.42	125.26	94.35	60.41	66.34	27.47	60.40	78.94	60.85	116.42
<i>Peso de agua</i>	4.36	9.07	3.06	10.92	9.06	6.07	6.96	2.81	7.00	9.13	7.35	14.11
<i>Contenido de humedad %</i>	7.42%	7.21%	8.64%	8.72%	9.60%	10.05%	10.49%	10.23%	11.59%	11.57%	12.08%	12.12%
Determinación de la densidad.												
Diámetro.	15.30 cm				Volumen.				2140.06 cm ³			
Altura.	11.64 cm				Peso del Pistón.				4.54 kg			
N° Capas.	5				N° de Golpes.				56			
Método Usado.	"C".				Molde.				6.0 pulg			
Aditivo.	Sin Aditivo.				Tamices.				3/4", 3/8"			
Contenido de humedad deseado.	7%	9%	10%	10%	12%	12%						
Contenido de humedad, wm.	7.32%	8.68%	9.83%	10.36%	11.58%	12.10%	9.98%					
Peso del Molde.	6673.0	6673.1	6672.5	6673.7	6672.8	6673.8						
Peso de suelo + molde.	10440.7	10583.7	10680.7	10617.7	10512.2	10509.2						
Peso de suelo seco en molde, g.	3768	3911	4008	3944	3839	3835						
Densidad húmeda KN/m³	17.27	17.93	18.37	18.08	17.60	17.58						
Densidad seca, (γseca) KN/m³	16.09	16.49	16.73	16.38	15.77	15.68						
Curva de ceros vacíos de aire.	0.58	0.54	0.51	0.5	0.47	0.46						
							16.19					

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 73: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

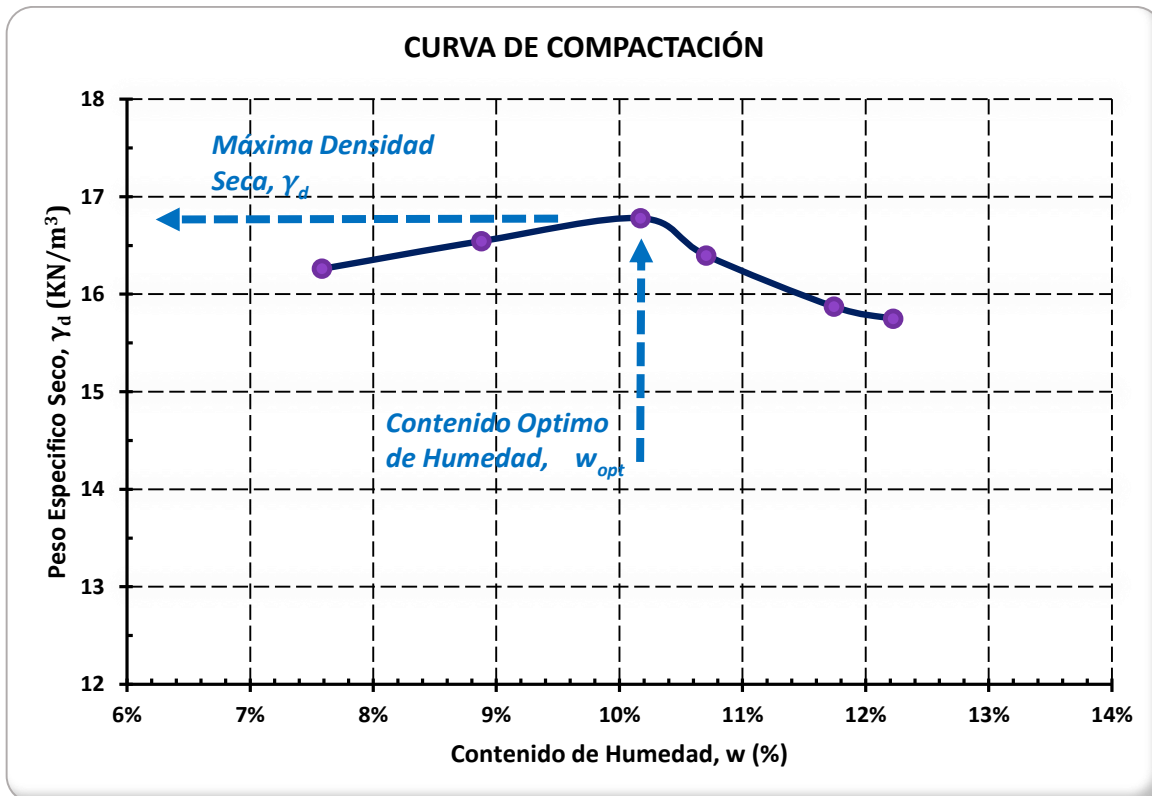


Tabla 78: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	30%	2.0 gr										
Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
<i>Lata de Humedad N°</i>	35	35	38	45	45	65	55	25	48	41	60	55
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	100.13	171.33	76.33	172.13	139.28	101.25	107.63	68.73	103.13	124.13	103.43	166.83
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	94.99	160.61	72.14	160.14	129.25	94.04	99.53	64.47	94.88	113.77	95.03	151.21
<i>Peso de Lata</i>	24.20	25.10	25.40	23.80	25.70	26.40	25.30	23.90	26.20	23.50	26.30	23.50
<i>Peso de Suelo seco</i>	70.79	135.51	46.74	136.34	103.55	67.64	74.23	40.57	68.68	90.27	68.73	127.71
<i>Peso de agua</i>	5.14	10.72	4.19	11.99	10.03	7.21	8.10	4.26	8.25	10.36	8.40	15.62
<i>Contenido de humedad %</i>	7.26%	7.91%	8.96%	8.79%	9.69%	10.66%	10.91%	10.50%	12.01%	11.48%	12.22%	12.23%
Determinación de la densidad.												
<i>Diámetro.</i>	15.29 cm				<i>Volumen.</i>	2139.10 cm ³						
<i>Altura.</i>	11.65 cm				<i>Peso del Pistón.</i>	4.54 kg						
<i>N° Capas.</i>	5				<i>N° de Golpes.</i>	56						
<i>Método Usado.</i>	"C".				<i>Molde.</i>	6.0 pulg						
<i>Aditivo.</i>	Sin Aditivo.				<i>Tamices.</i>	3/4", 3/8"						
<i>Contenido de humedad deseado.</i>	8%	9%	10%	11%	12%	12%						
<i>Contenido de humedad, wm.</i>	7.59%	8.88%	10.17%	10.71%	11.74%	12.23%	10.22%					
<i>Peso del Molde.</i>	6673.1	6673.8	6672.8	6672.5	6673.0	6673.7						
<i>Peso de suelo + molde.</i>	10487.7	10601.7	10703.7	10630.7	10540.2	10527.2						
<i>Peso de suelo seco en molde, g.</i>	3815	3928	4031	3958	3867	3854						
<i>Densidad húmeda KN/m³</i>	17.49	18.01	18.49	18.15	17.74	17.67						
<i>Densidad seca, (γseca) KN/m³</i>	16.26	16.54	16.78	16.40	15.87	15.75	16.27					
<i>Curva de ceros vacíos de aire.</i>	0.57	0.53	0.5	0.49	0.46	0.45						

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 74: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

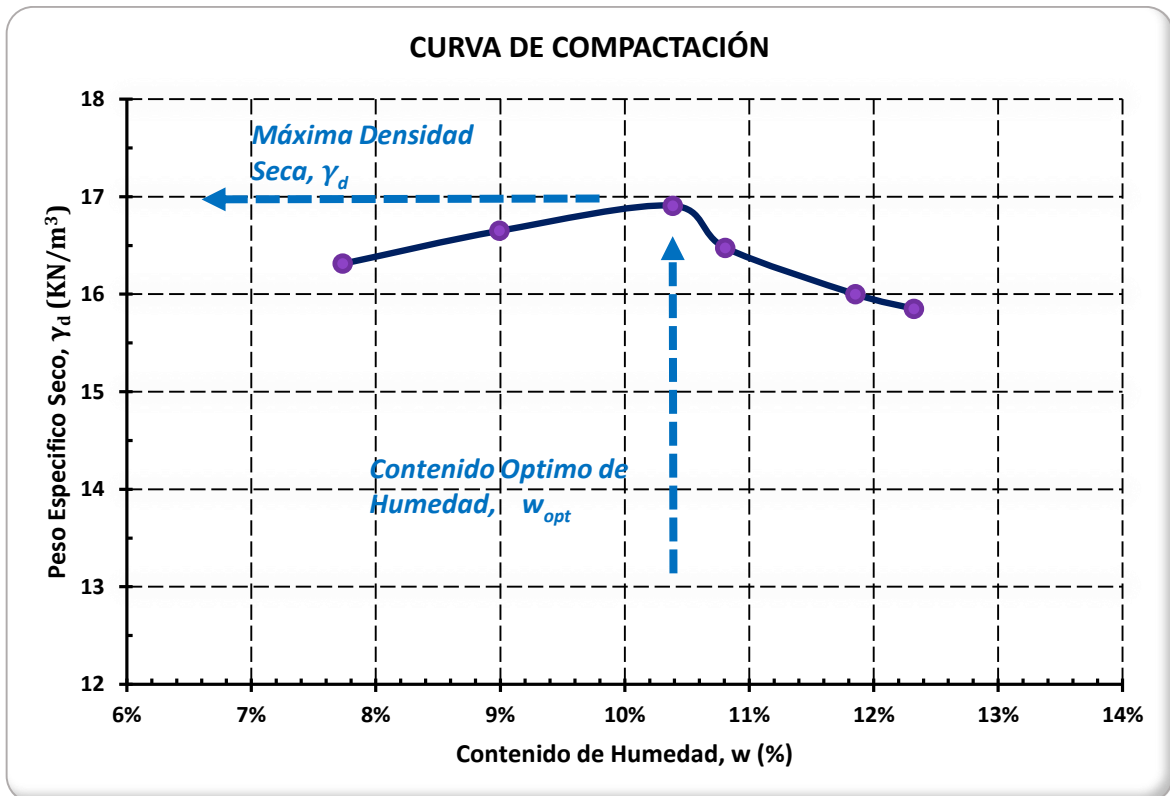


Tabla 79: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	45%	3.0 gr										
Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
<i>Lata de Humedad N°</i>	55	41	38	35	35	45	25	45	65	60	55	48
<i>Peso de Suelo húmedo + lata</i>	63.58	135.57	40.75	136.63	103.17	64.87	70.89	31.99	66.00	87.14	65.97	130.19
<i>Peso de Suelo seco + lata</i>	60.87	127.46	39.45	127.51	96.07	60.93	66.56	31.16	61.56	80.66	61.56	118.46
<i>Peso de Lata</i>	25.30	24.20	25.10	25.40	26.20	23.80	26.40	23.50	23.90	26.30	25.70	23.50
<i>Peso de Suelo seco</i>	35.57	103.26	14.35	102.11	69.87	37.13	40.16	7.66	37.66	54.36	35.86	94.96
<i>Peso de agua</i>	2.71	8.11	1.30	9.12	7.10	3.94	4.33	0.83	4.44	6.48	4.41	11.73
<i>Contenido de humedad %</i>	7.62%	7.85%	9.06%	8.93%	10.16%	10.61%	10.78%	10.84%	11.79%	11.92%	12.30%	12.35%
Determinación de la densidad.												
Diámetro.	15.28 cm				Volumen.				2136.30 cm ³			
Altura.	11.65 cm				Peso del Pistón.				4.54 kg			
N° Capas.	5				N° de Golpes.				56			
Método Usado.	"C".				Molde.				6.0 pulg			
Aditivo.	Sin Aditivo.				Tamices.				3/4", 3/8"			
Contenido de humedad deseado.	8%	9%	10%	11%	12%	12%						
Contenido de humedad, wm.	7.74%	9.00%	10.39%	10.81%	11.86%	12.33%	10.35%					
Peso del Molde.	6672.5	6673.8	6673.7	6673.0	6672.8	6673.1						
Peso de suelo + molde.	10499.7	10625.8	10738.0	10648.7	10570.2	10550.2						
Peso de suelo seco en molde, g.	3827	3952	4064	3976	3897	3877						
Densidad húmeda KN/m³	17.57	18.15	18.66	18.26	17.90	17.80						
Densidad seca, (γseca) KN/m³	16.31	16.65	16.91	16.48	16.00	15.85	16.37					
Curva de ceros vacíos de aire.	0.57	0.53	0.5	0.49	0.46	0.45						

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 75: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.



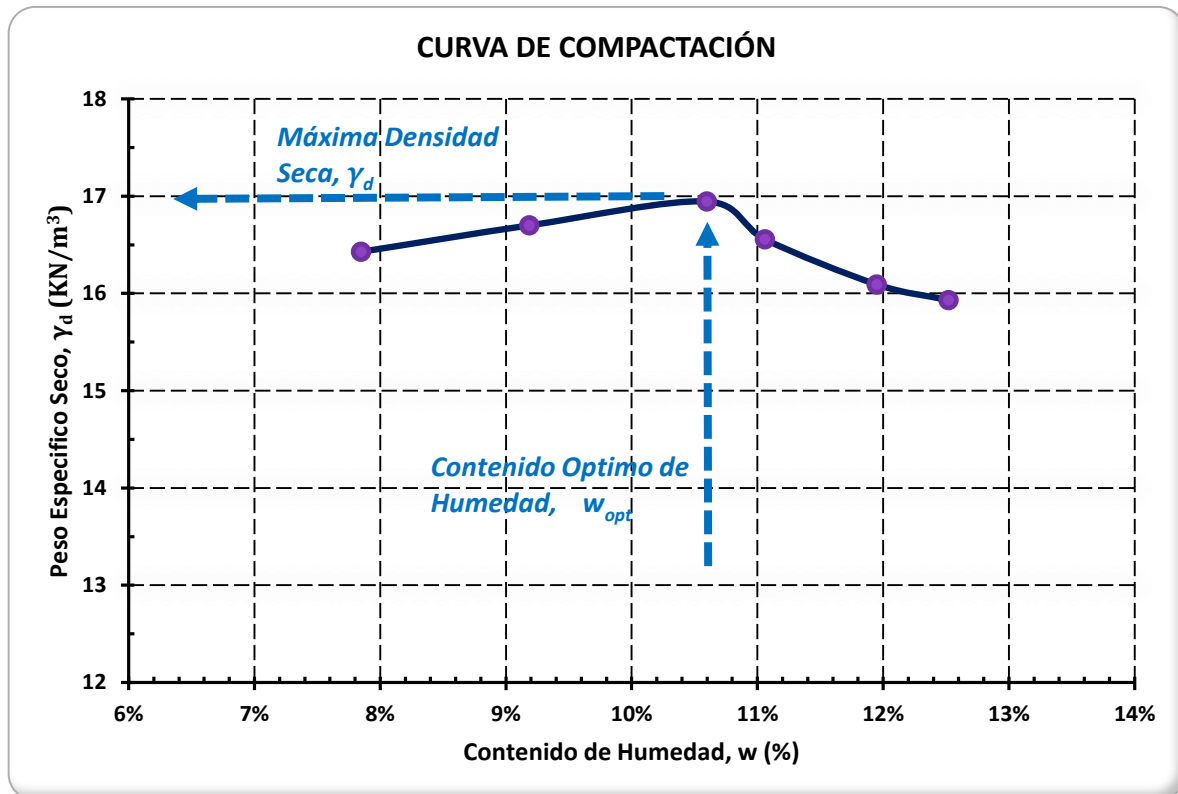
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 80: ANÁLISIS DEL ENSAYO PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.

CON-AID	100%	6.7 gr										
	60%	4.0 gr										
Determinación de Contenido de Humedad.												
Muestra N°	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
Lata de Humedad N°	45	38	41	45	35	48	35	25	60	55	55	65
Peso de Suelo húmedo + lata	63.77	70.91	77.74	71.43	78.24	64.63	71.13	81.41	65.73	90.73	84.03	85.04
Peso de Suelo seco + lata	60.86	67.46	73.14	67.46	73.07	60.96	66.56	75.84	61.56	83.66	77.57	78.46
Peso de Lata	23.80	23.50	23.90	23.50	24.20	26.40	25.40	25.30	26.30	25.10	25.70	26.20
Peso de Suelo seco	37.06	43.96	49.24	43.96	48.87	34.56	41.16	50.54	35.26	58.56	51.87	52.26
Peso de agua	2.91	3.45	4.60	3.97	5.17	3.67	4.57	5.57	4.17	7.07	6.46	6.58
Contenido de humedad %	7.85%	7.85%	9.34%	9.03%	10.58%	10.62%	11.10%	11.02%	11.83%	12.07%	12.45%	12.59%
Determinación de la densidad.												
Diámetro.	15,30 cm				Volumen.				2140.06 cm ³			
Altura.	11.64 cm				Peso del Pistón.				4.54 kg			
N° Capas.	5				N° de Golpes.				56			
Método Usado.	"C".				Molde.				6.0 pulg			
Aditivo.	Sin Aditivo.				Tamices.				3/4", 3/8"			
Contenido de humedad deseado.	8%	9%	11%	11%	12%	13%						
Contenido de humedad, wm.	7.85%	9.19%	10.60%	11.06%	11.95%	12.52%	10.53%					
Peso del Molde.	6673.1	6672.8	6673.8	6673.7	6672.5	6673.0						
Peso de suelo + molde.	10538.5	10650.5	10762.2	10684.8	10602.5	10583.5						
Peso de suelo seco en molde, g.	3865	3978	4088	4011	3930	3911						
Densidad húmeda KN/m³	17.72	18.23	18.74	18.39	18.02	17.93						
Densidad seca, (γseca) KN/m³	16.43	16.70	16.95	16.56	16.09	15.93	16.44					
Curva de ceros vacíos de aire.	0.56	0.53	0.49	0.48	0.46	0.45						

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 76: CURVA DE COMPACTACIÓN DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

3.5.1.10.1. CONCLUSIONES PARCIALES.

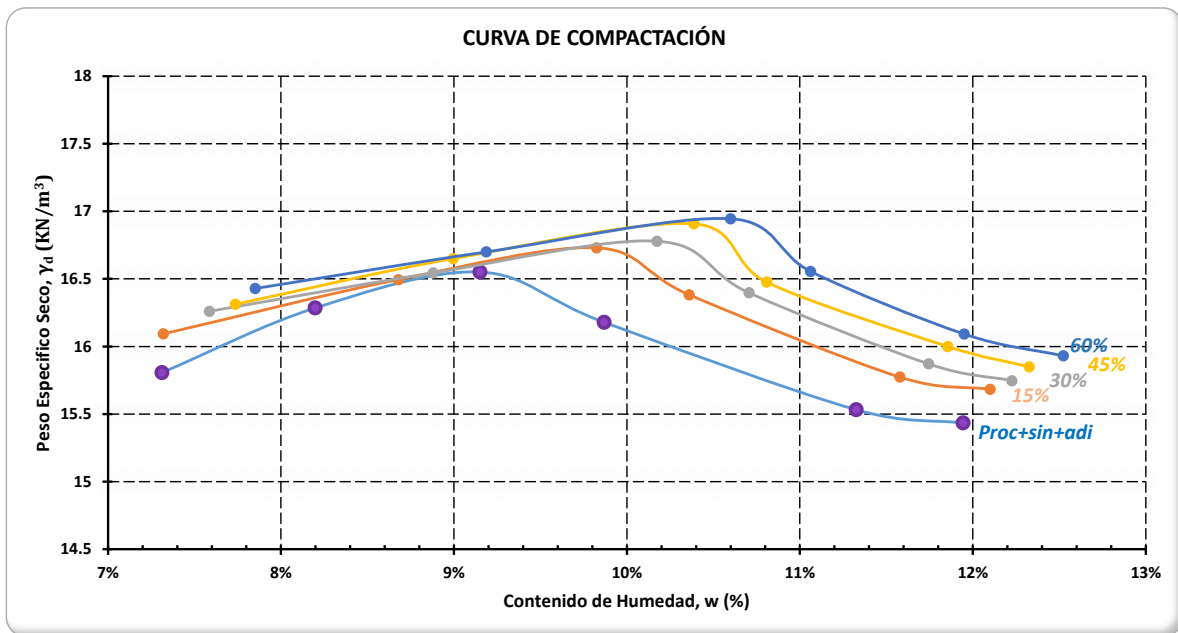
De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de compactación Proctor, se obtuvo la tabla N° 81 y figura N° 77 donde se aprecia las curvas de compactación el ensayo de proctor modificado de peso específico seco – contenido de humedad.

Tabla 81: RESULTADO DE LOS ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700.

SIN ADITIVO	Contenido de humedad, wm.	7.31%	8.20%	9.15%	9.87%	11.33%	11.94%
	Densidad seca, (γ_{seca}) KN/m ³	15.81	16.28	16.55	16.18	15.53	15.43
ADI + 15%	Contenido de humedad, wm.	7.32%	8.68%	9.83%	10.36%	11.58%	12.10%
	Densidad seca, (γ_{seca}) KN/m ³	16.09	16.49	16.73	16.38	15.77	15.68
ADI + 30%	Contenido de humedad, wm.	7.59%	8.88%	10.17%	10.71%	11.74%	12.23%
	Densidad seca, (γ_{seca}) KN/m ³	16.26	16.54	16.78	16.40	15.87	15.75
ADI + 45%	Contenido de humedad, wm.	7.74%	9.00%	10.39%	10.81%	11.86%	12.33%
	Densidad seca, (γ_{seca}) KN/m ³	16.31	16.65	16.91	16.48	16.00	15.85
ADI + 60%	Contenido de humedad, wm.	7.85%	9.19%	10.60%	11.06%	11.95%	12.52%
	Densidad seca, (γ_{seca}) KN/m ³	16.43	16.70	16.95	16.56	16.09	15.93

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 77: CURVAS PESO ESPECÍFICO SECO – CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

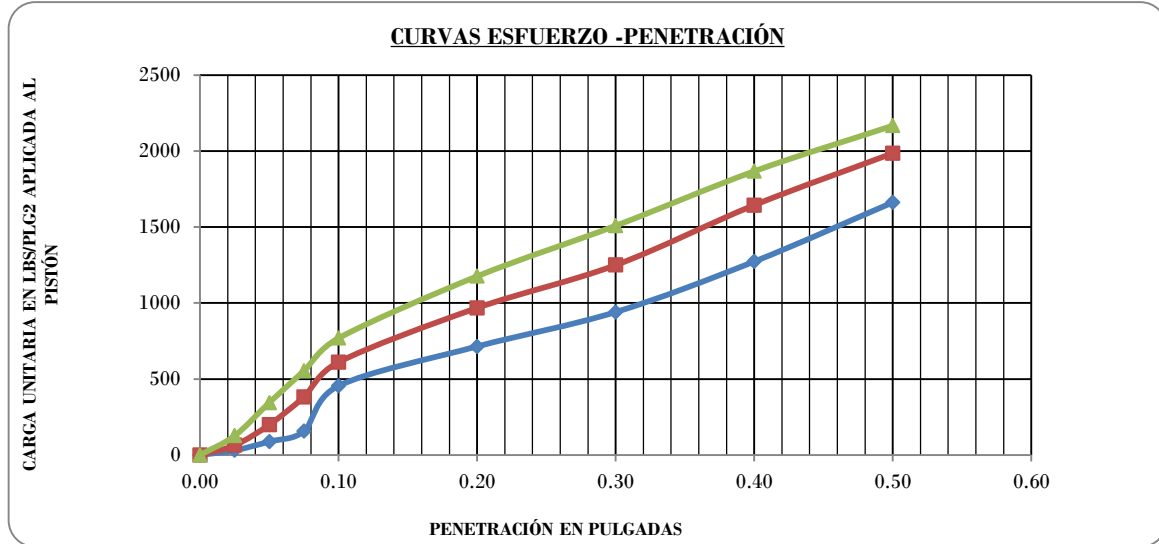
3.5.1.11. ANÁLISIS DE CBR DEL SUELO DE LA CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

Tabla 82: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

CBR DE SUELOS (LABORATORIO) MTC 132.														
TESIS. "Análisis de la estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico."														
LOCALIZACIÓN. Carretera San Jerónimo - Mayumbamba Km 2+700.														
DESCRIPCIÓN DE SUELO. Suelo de cantera.														
MOLDE N°.	1			2			3							
CAPAS N°.	5			5			5							
ALTURA DEL MOLDE mm.	126			125			125							
N° DE GOLPES.	12			25			56							
MUESTRA.	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA		
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO.	12866		13365	13152		13682	13360		14527					
PESO DEL MOLDE.	8208		8208	8207		8207	8208		8208					
PESO DEL SUELO HUMEDO.	4658		5157	4945		5475	5152		6319					
VOLUMEN DEL SUELO.	2271		2271	2328		2328	2343		2343					
DENSIDAD HUMEDA.	2.05		2.27	2.12		2.35	2.20		2.70					
PORCENTAJE DE HUMEDAD.	6.43		7.23	6.54		7.34	6.98		8.79					
DENSIDAD SECA.	1.927		2.117	1.994		2.191	2.055		2.479					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA.	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA					
CAPSULA N°.	60	45	65	38	41	35	55	25	17					
PESO DE LA CAPSULA.	23.90	25.10	26.40	25.40	24.20	26.30	26.20	23.80	26.48					
PESO DE CAP+SUELO HUMEDO.	401.60	400.40	397.80	421.13	420.24	421.03	406.30	405.60	411.80					
PESO DE LA CAP+SUELO SECO.	378.70	377.80	372.77	396.80	396.00	394.03	381.00	381.20	380.68					
PESO DEL AGUA.	22.90	22.60	25.03	24.33	24.24	27.00	25.30	24.40	31.12					
PESO DEL SUELO SECO.	354.80	352.70	346.37	371.40	371.80	367.73	354.80	357.40	354.20					
% DE HUMEDAD.	6.45	6.41	7.23	6.55	6.52	7.34	7.13	6.83	8.79					
% PROMEDIO DE HUMEDAD.	6.43		7.23	6.54		7.34	6.98		8.79					
EXPANSION														
MOLDE N°			1			2			3					
FECHA	HORA	TIEMPO (h)	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				PULG	%		PULG	%		PULG	%			
16/09/2015	09:23 a.m.	0	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00			
17/09/2015	09:23 a.m.	24	2.1	0.002	0.05	2.0	0.002	0.04	1.8	0.002	0.04			
18/09/2015	09:23 a.m.	48	4.9	0.005	0.11	4.3	0.004	0.09	4.0	0.004	0.09			
19/09/2015	09:23 a.m.	72	10.0	0.010	0.22	9.1	0.009	0.20	8.4	0.008	0.18			
20/09/2015	09:23 a.m.	96	13.3	0.013	0.29	12.7	0.013	0.28	12.0	0.012	0.26			
PENETRACION														
MOLDE N°			1				2				3			
PENET	CARGA (PSI)	AREA (PULG2)	CARGA		CORREGIDO		CARGA		CORREGIDO		CARGA		CORREGIDO	
			DIAL (KN)	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR
0.000	3.11	0.000	0.00	0		0.000	0.00	0		0.000	0.00	0		
0.025	3.11	0.422	30.49	30		0.882	63.73	64		1.752	126.59	127		
0.050	3.11	1.222	88.30	88		2.762	199.57	200		4.772	344.81	345		
0.075	3.11	2.168	156.65	157		5.293	382.45	382		7.657	553.27	553		
0.100	1000	3.11	6.296	454.93	455	45.49	8.453	610.79	611	61.08	10.641	768.89	769	76.89
0.200	1500	3.11	9.884	714.19	714	47.61	13.393	967.74	968	64.52	16.275	1175.98	1176	78.40
0.300	1900	3.11	13.016	940.50	940	49.50	17.293	1249.54	1250	65.77	20.875	1508.36	1508	79.39
0.400	2300	3.11	17.616	1272.88	1273	55.34	22.750	1643.85	1644	71.47	25.837	1866.90	1867	81.17
0.500	2600	3.11	23.000	1661.91	1662	63.92	27.475	1985.26	1985	76.36	29.985	2166.62	2167	83.33
			CARGA PARA 12		PARA 25		PARA 56							
			1000	454.93	45.49	610.79	61.08	768.89	76.89					
			1500	714.19	47.61	967.74	64.52	1175.98	78.40					
			1900	940.50	49.50	1249.54	65.77	1508.36	79.39					
			2300	1272.88	55.34	1643.85	71.47	1866.90	81.17					
			2600	1661.91	63.92	1985.26	76.36	2166.62	83.33					
			MÁXIMO CBR.		47.61	64.52	78.40							
			DENSIDAD.		1.93	1.99	2.06							

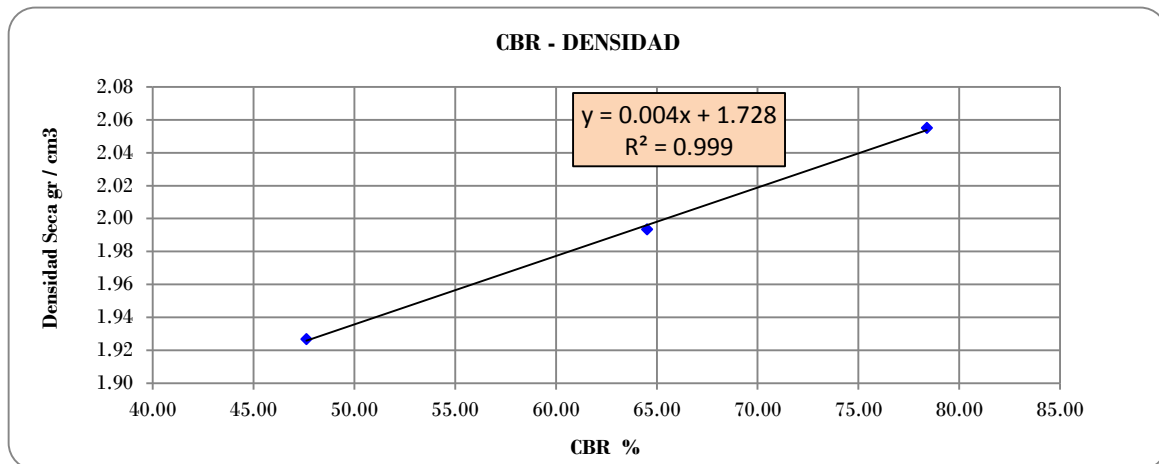
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 78: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 79: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

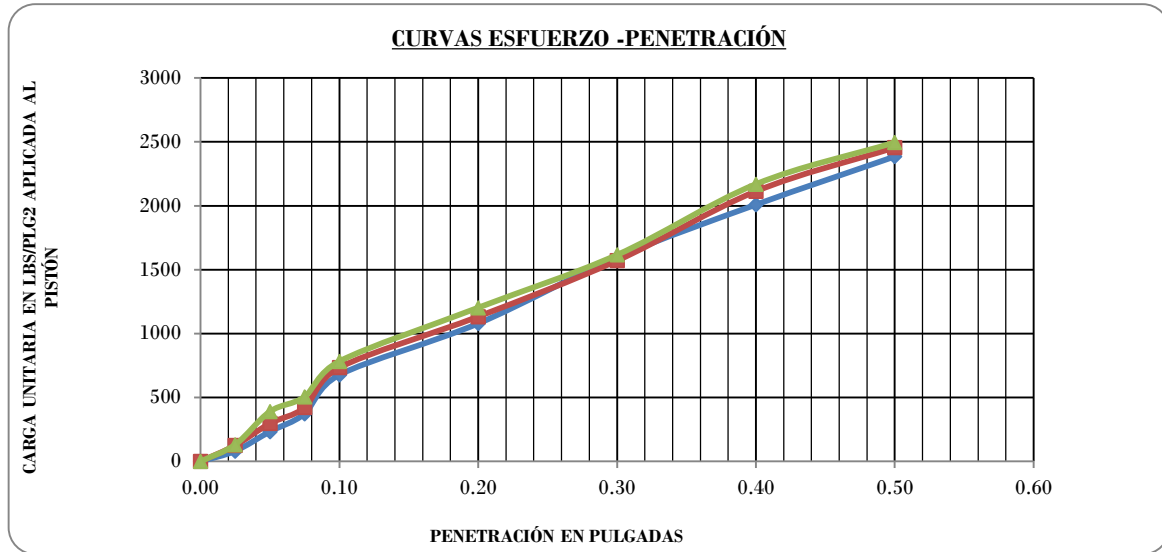
3.5.1.12. ANÁLISIS DE CBR DEL SUELO DE LA CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO.

Tabla 83: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

CBR DE SUELOS (LABORATORIO) MTC 132.															
TESIS. "Análisis de la estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico."															
LOCALIZACIÓN. Carretera San Jerónimo - Mayumbamba Km 2+700.															
DESCRIPCIÓN DE SUELO. Suelo de cantera.															
CON-AID		100%	6.7 gr												
		15%	1.0 gr												
MOLDE N°.				1			2			3					
CAPAS N°.				5			5			5					
ALTURA DEL MOLDE mm.				126			125			125					
N° DE GOLPES.				12			25			56					
MUESTRA.				SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO.				13254		13850		13558		14336		13986		14813	
PESO DEL MOLDE.				8208		8208		8207		8207		8208		8208	
PESO DEL SUELO HUMEDO.				5046		5642		5351		6129		5778		6605	
VOLUMEN DEL SUELO.				2271		2271		2328		2328		2343		2343	
DENSIDAD HUMEDA.				2.22		2.48		2.30		2.63		2.47		2.82	
PORCENTAJE DE HUMEDAD.				5.28		6.02		5.22		6.12		5.26		6.15	
DENSIDAD SECA.				2.110		2.343		2.184		2.481		2.342		2.655	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA.				SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA	
CAPSULA N°.				55		35		41		60		45		17	
PESO DE LA CAPSULA.				26.20		26.30		24.20		23.90		25.10		26.48	
PESO DE CAP+SUELO HUMEDO.				386.75		394.47		375.36		786.58		258.48		467.89	
PESO DE LA CAP+SUELO SECO.				367.45		377.27		355.42		769.67		240.86		442.43	
PESO DEL AGUA.				19.30		17.20		19.94		16.91		17.62		25.46	
PESO DEL SUELO SECO.				341.25		350.97		331.22		745.77		215.76		415.95	
% DE HUMEDAD.				5.66		4.90		6.02		2.27		8.17		6.12	
% PROMEDIO DE HUMEDAD.				5.28		6.02		5.22		6.12		5.26		6.15	
EXPANSIÓN															
MOLDE N°			1						2			3			
FECHA	HORA	TIEMPO (h)	DIAL	EXPANSIÓN		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN			
				PULG	%	PULG	%	PULG	%	PULG	%				
16/09/2015	09:23 a.m.	0	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	
17/09/2015	09:23 a.m.	24	1.8	0.002	0.04	1.8	0.002	0.04	1.8	0.002	0.04	1.8	0.002	0.04	
18/09/2015	09:23 a.m.	48	4.9	0.005	0.11	3.8	0.004	0.08	3.7	0.004	0.08	3.7	0.004	0.08	
19/09/2015	09:23 a.m.	72	9.7	0.010	0.21	8.8	0.009	0.19	8.8	0.009	0.19	8.8	0.009	0.19	
20/09/2015	09:23 a.m.	96	12.8	0.013	0.28	11.7	0.012	0.26	11.6	0.012	0.25	11.6	0.012	0.25	
PENETRACION															
MOLDE N°			1						2			3			
PENET	CARGA (PSI)	ÁREA (PULG2)	CARGA			CORREGIDO			CARGA			CORREGIDO			
			DIAL (KN)	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR	
0.000		3.11	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	
0.025		3.11	1.136	82.08	82	1.740	125.73	126	1.825	131.87	132	1.825	131.87	132	
0.050		3.11	3.235	233.75	234	4.120	297.70	298	5.404	390.48	390	5.404	390.48	390	
0.075		3.11	5.174	373.86	374	5.841	422.05	422	7.010	506.52	507	7.010	506.52	507	
0.100	1000	3.11	9.374	677.34	677	10.164	734.42	734	10.841	783.34	783	10.841	783.34	783	
0.200	1500	3.11	14.937	1079.33	1079	15.685	1133.35	1133	16.650	1203.08	1203	16.650	1203.08	1203	
0.300	1900	3.11	22.100	1596.88	1597	21.743	1571.08	1571	22.367	1616.17	1616	22.367	1616.17	1616	
0.400	2300	3.11	27.801	2008.82	2009	29.251	2113.59	2114	30.025	2169.51	2170	30.025	2169.51	2170	
0.500	2600	3.11	33.012	2385.35	2385	33.989	2455.94	2456	34.542	2495.90	2496	34.542	2495.90	2496	
CARGA				PARA 12		PARA 25		PARA 56							
1000				677.34		734.42		783.34		78.33					
1500				1079.33		1133.35		1203.08		80.21					
1900				1596.88		1571.08		1616.17		85.06					
2300				2008.82		2113.59		2169.51		94.33					
2600				2385.35		2455.94		2495.90		96.00					
MÁXIMO CBR.				71.96		75.56		80.21							
DENSIDAD.				2.11		2.18		2.34							

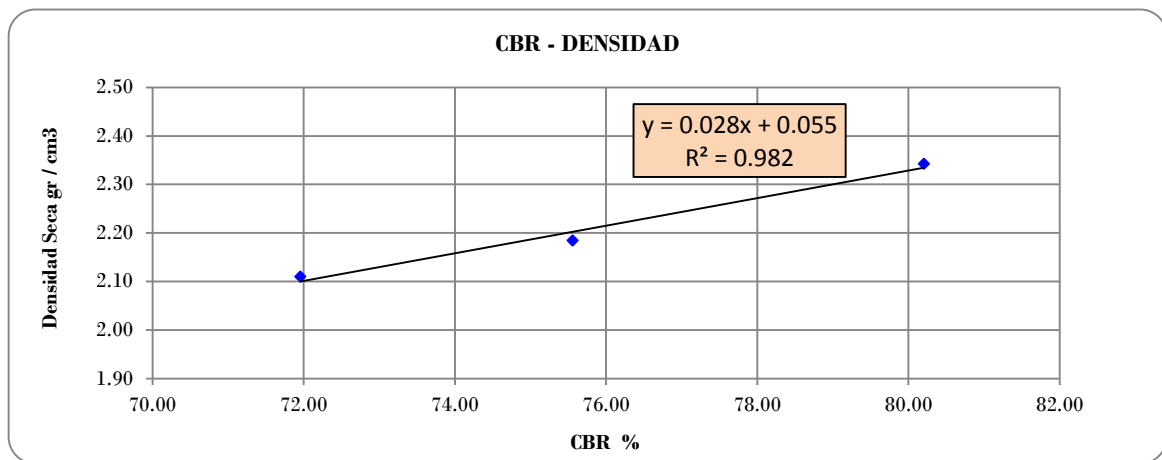
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 80: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 81: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.



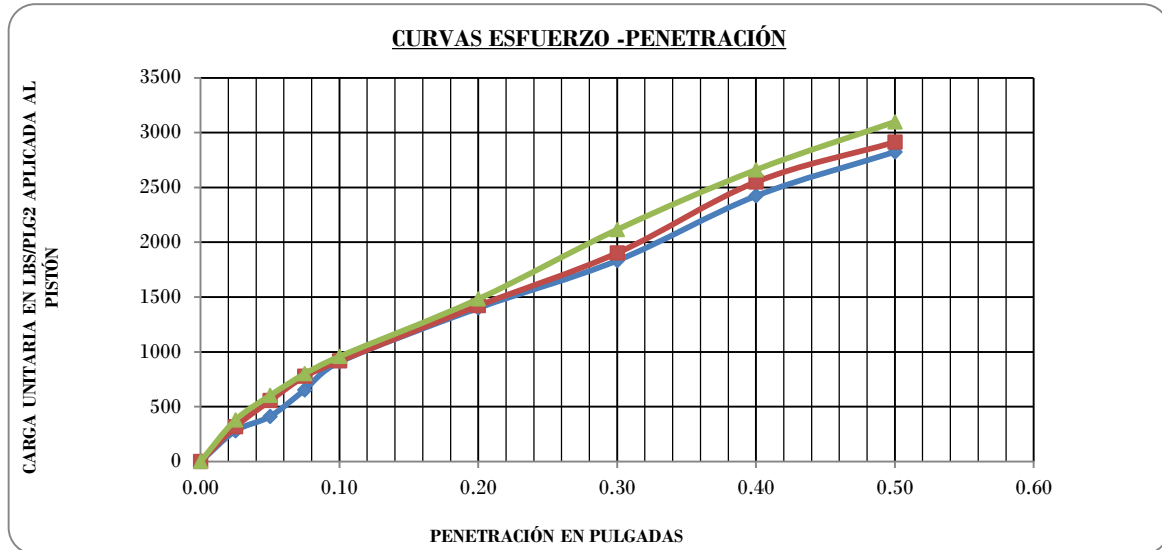
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 84: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

CBR DE SUELOS (LABORATORIO) MTC 132.																		
TESIS.		"Análisis de la estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico."																
LOCALIZACIÓN.		Carretera San Jerónimo - Mayumbamba Km 2+700.																
DESCRIPCIÓN DE SUELO.		Suelo de cantera.																
<table border="1"> <tr> <td>CON-AID</td> <td>100%</td> <td>6.7 gr</td> </tr> <tr> <td></td> <td>30%</td> <td>2.0 gr</td> </tr> </table>		CON-AID	100%	6.7 gr		30%	2.0 gr											
CON-AID	100%	6.7 gr																
	30%	2.0 gr																
MOLDE N°.	1			2			3											
CAPAS N°.	5			5			5											
ALTURA DEL MOLDE mm.	126			125			125											
N° DE GOLPES.	12			25			56											
MUESTRA.	SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA							
PESO DE MOLDE + SUELO HÚMEDO.	14017		15417		14293		14886		14633		15947							
PESO DEL MOLDE.	8208		8208		8207		8207		8208		8208							
PESO DEL SUELO HÚMEDO.	5809		7209		6086		6679		6425		7739							
VOLUMEN DEL SUELO.	2271		2271		2328		2328		2343		2343							
DENSIDAD HÚMEDA.	2.56		3.17		2.61		2.87		2.74		3.30							
PORCENTAJE DE HUMEDAD.	5.30		6.82		5.23		5.84		5.60		6.95							
DENSIDAD SECA.	2.429		2.971		2.484		2.710		2.596		3.088							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA.	SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA							
CAPSULA N°.	41		55		60		38		45		35							
PESO DE LA CAPSULA.	24.20		26.20		23.90		25.40		25.10		26.30							
PESO DE LA CAP+SUELO HÚMEDO.	247.88		159.62		174.46		234.75		287.79		217.25							
PESO DE LA CAP+SUELO SECO.	239.88		151.02		164.85		223.76		275.45		206.71							
PESO DEL AGUA.	8.00		8.60		9.61		10.99		12.34		10.54							
PESO DEL SUELO SECO.	215.68		124.82		140.95		198.36		250.35		180.41							
% DE HUMEDAD.	3.71		6.89		6.82		5.54		4.93		5.84							
% PROMEDIO DE HUMEDAD.	5.30		6.82		5.23		5.84		5.60		6.95							
EXPANSIÓN																		
MOLDE N°			1				2				3							
FECHA	HORA	TIEMPO (h)	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN					
					PULG	%			PULG	%		PULG	%					
16/09/2015	09:23 a.m.	0	0.0	0.000	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00					
17/09/2015	09:23 a.m.	24	1.8	0.002	0.04	0.04	1.7	0.002	0.04	0.04	1.7	0.002	0.04					
18/09/2015	09:23 a.m.	48	4.7	0.005	0.10	0.10	3.8	0.004	0.08	0.08	3.7	0.004	0.08					
19/09/2015	09:23 a.m.	72	9.5	0.010	0.21	0.21	8.9	0.009	0.19	0.19	8.7	0.009	0.19					
20/09/2015	09:23 a.m.	96	12.6	0.013	0.28	0.28	11.6	0.012	0.25	0.25	11.4	0.011	0.25					
PENETRACION																		
MOLDE N°			1				2				3							
PENET	CARGA	ÁREA	CARGA			CORREGIDO			CARGA			CORREGIDO						
10	(PSI)	(PULG2)	DIAL (KN)	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR				
0.000	3.11	0.000	0.00	0.00	0		0.000	0.00	0		0.000	0.00	0					
0.025	3.11	3.852	278.33	278			4.367	315.55	316		5.214	376.75	377					
0.050	3.11	5.692	411.29	411			7.675	554.59	555		8.324	601.47	601					
0.075	3.11	9.040	653.20	653			10.754	777.05	777		11.067	799.67	800					
0.100	1000	3.11	12.554	907.11	907	90.71	12.677	916.00	916	91.60	13.259	958.05	958	95.81				
0.200	1500	3.11	19.375	1399.98	1400	93.33	19.662	1420.72	1421	94.71	20.512	1482.13	1482	98.81				
0.300	1900	3.11	25.359	1832.36	1832	96.44	26.318	1901.66	1902	100.09	29.271	2115.03	2115	111.32				
0.400	2300	3.11	33.523	2422.27	2422	105.32	35.280	2549.23	2549	110.84	36.816	2660.21	2660	115.66				
0.500	2600	3.11	39.081	2823.87	2824	108.61	40.317	2913.18	2913	112.05	42.874	3097.94	3098	119.15				
			PARA 12	PARA 25	PARA 56													
			1000	907.11	90.71	916.00	91.60	958.05	95.81									
			1500	1399.98	93.33	1420.72	94.71	1482.13	98.81									
			1900	1832.36	96.44	1901.66	100.09	2115.03	111.32									
			2300	2422.27	105.32	2549.23	110.84	2660.21	115.66									
			2600	2823.87	108.61	2913.18	112.05	3097.94	119.15									
			MÁXIMO CBR.			93.33	94.71	98.81										
			DENSIDAD.			2.43	2.48	2.60										

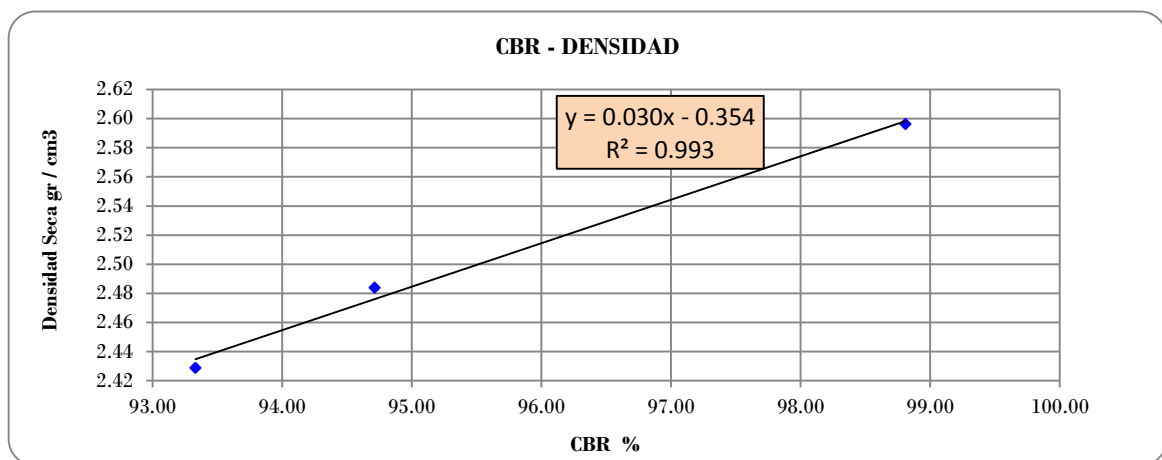
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 82: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 83: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.



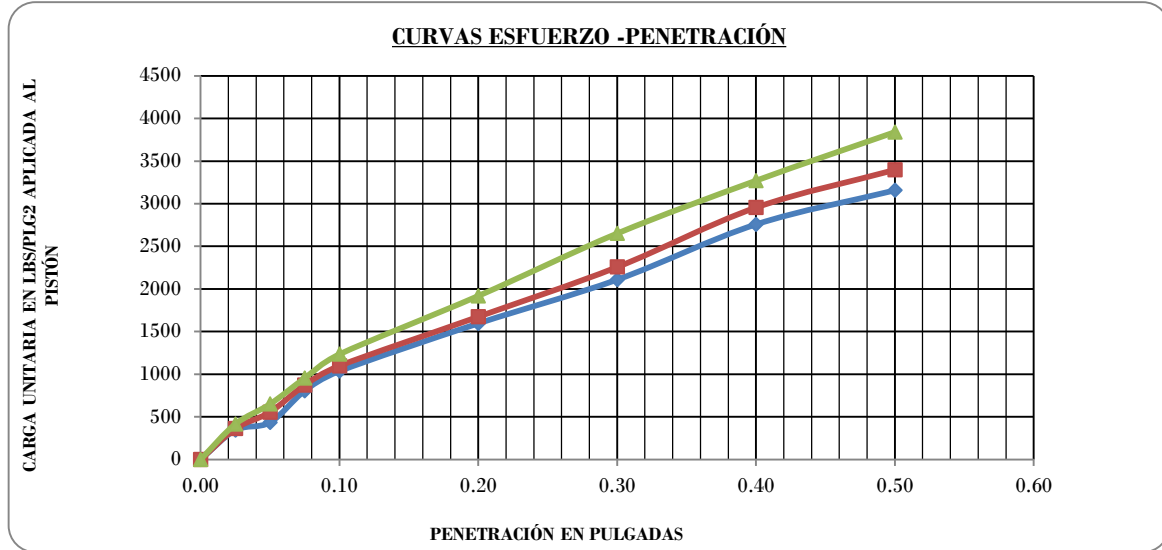
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 85: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.

CBR DE SUELOS (LABORATORIO) MTC 132.																	
TESIS.		"Análisis de la estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico."															
LOCALIZACIÓN.		Carretera San Jerónimo - Mayumbamba Km 2+700.															
DESCRIPCIÓN DE SUELO.		Suelo de cantera.															
<table border="1"> <tr> <td>CON-AID</td> <td>100%</td> <td>6.7 gr</td> </tr> <tr> <td></td> <td>45%</td> <td>3.0 gr</td> </tr> </table>		CON-AID	100%	6.7 gr		45%	3.0 gr										
CON-AID	100%	6.7 gr															
	45%	3.0 gr															
MOLDE N°.	1			2			3										
CAPAS N°.	5			5			5										
ALTURA DEL MOLDE mm.	126			125			125										
N° DE GOLPES.	12			25			56										
MUESTRA.	SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA						
PESO DE MOLDE + SUELO HÚMEDO.	14381		15994		14612		16497		15148		16625						
PESO DEL MOLDE.	8208		8208		8207		8207		8208		8208						
PESO DEL SUELO HÚMEDO.	6173		7786		6405		8290		6940		8417						
VOLUMEN DEL SUELO.	2271		2271		2328		2328		2343		2343						
DENSIDAD HÚMEDA.	2.72		3.43		2.75		3.56		2.96		3.59						
PORCENTAJE DE HUMEDAD.	5.94		7.75		5.03		6.81		5.29		6.62						
DENSIDAD SECA.	2.565		3.181		2.619		3.334		2.813		3.369						
CONDICIÓN DE LA MUESTRA.	SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA						
CAPSULA N°.	45		25		55		35		17		38						
PESO DE LA CAPSULA.	25.10		23.80		24.20		26.20		26.30		26.48						
PESO DE CAP+SUELO HÚMEDO.	316.32		228.06		242.90		303.19		356.23		285.69						
PESO DE LA CAP+SUELO SECO.	302.71		214.75		227.17		288.74		341.83		269.17						
PESO DEL AGUA.	13.61		13.31		15.72		14.45		14.40		16.52						
PESO DEL SUELO SECO.	277.61		190.95		202.97		262.54		315.53		242.69						
% DE HUMEDAD.	4.90		6.97		7.75		5.50		4.56		6.81						
% PROMEDIO DE HUMEDAD.	5.94		7.75		5.03		6.81		5.29		6.62						
EXPANSION																	
MOLDE N°			1			2			3								
FECHA	HORA	TIEMPO (h)	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION							
				PULG	%		PULG	%		PULG	%						
16/09/2015	09:23 a.m.	0	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00						
17/09/2015	09:23 a.m.	24	1.7	0.002	0.04	1.7	0.002	0.04	1.7	0.002	0.04						
18/09/2015	09:23 a.m.	48	4.6	0.005	0.10	3.7	0.004	0.08	3.6	0.004	0.08						
19/09/2015	09:23 a.m.	72	9.4	0.009	0.21	8.8	0.009	0.19	8.7	0.009	0.19						
20/09/2015	09:23 a.m.	96	12.0	0.012	0.26	11.4	0.011	0.25	11.3	0.011	0.25						
PENETRACION																	
MOLDE N°			1				2				3						
PENET	CARGA (PSI)	ÁREA (PULG2)	CARGA		CORREGIDO		CARGA		CORREGIDO		CARGA		CORREGIDO				
			DIAL (KN)	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR			
10			0.000	0.00	0		0.000	0.00	0		0.000	0.00	0				
0.025		3.11	4.754	343.51	344		5.000	361.28	361		5.731	414.10	414				
0.050		3.11	6.021	435.06	435		7.684	555.22	555		8.987	649.37	649				
0.075		3.11	11.157	808.17	806		12.089	873.51	874		13.201	953.96	954				
0.100	1000	3.11	14.335	1035.80	1036	103.58	15.198	1098.16	1098	109.82	17.074	1233.72	1234	123.37			
0.200	1500	3.11	22.081	1595.51	1596	106.37	23.168	1674.05	1674	111.60	26.547	1918.21	1918	127.88			
0.300	1900	3.11	29.183	2108.67	2109	110.98	31.228	2256.44	2256	118.76	36.682	2650.53	2651	139.50			
0.400	2300	3.11	38.153	2756.82	2757	119.86	40.892	2954.73	2955	128.47	45.257	3270.13	3270	142.18			
0.500	2600	3.11	43.682	3156.33	3156	121.40	47.005	3396.44	3396	130.63	53.136	3839.45	3839	147.67			
CARGA			PARA 12	PARA 25	PARA 56												
1000			1035.80	103.58	1098.16	109.82	1233.72	123.37									
1500			1595.51	106.37	1674.05	111.60	1918.21	127.88									
1900			2108.67	110.98	2256.44	118.76	2650.53	139.50									
2300			2756.82	119.86	2954.73	128.47	3270.13	142.18									
2600			3156.33	121.40	3396.44	130.63	3839.45	147.67									
MÁXIMO CBR.				106.37	111.60	127.88											
DENSIDAD.				2.57	2.62	2.81											

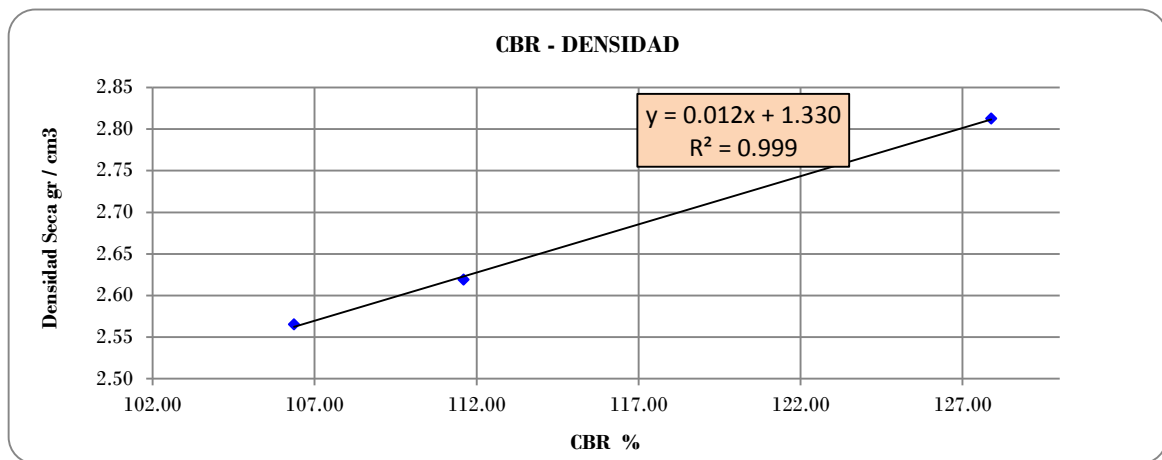
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 84: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 85: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.



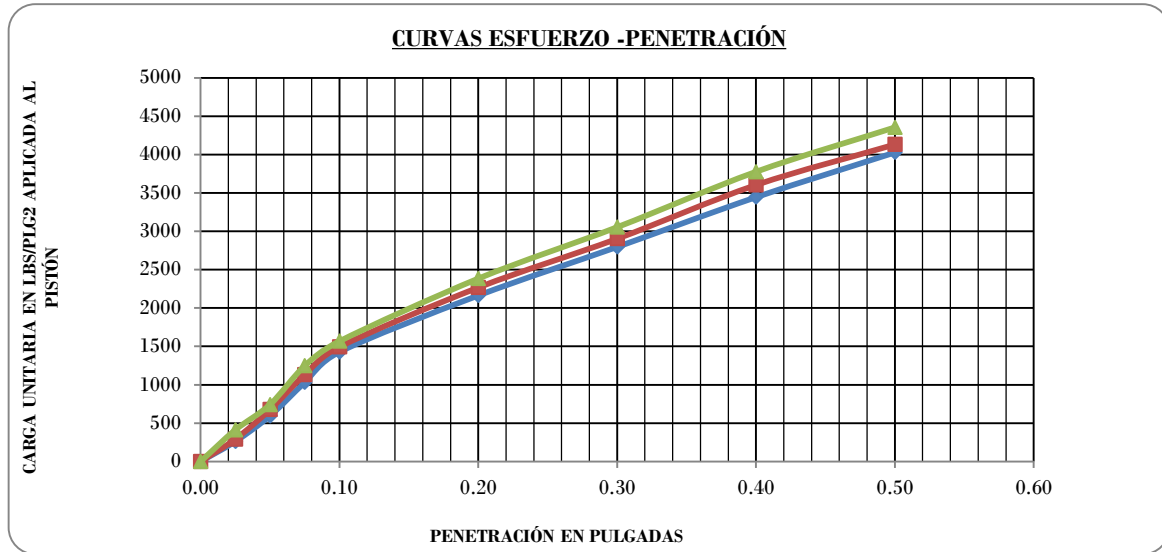
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 86: ANÁLISIS DEL ENSAYO DE CBR DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.

CBR DE SUELOS (LABORATORIO) MTC 132.																
TESIS. "Análisis de la estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico."																
LOCALIZACIÓN. Carretera San Jerónimo - Mayumbamba Km 2+700.																
DESCRIPCIÓN DE SUELO. Suelo de cantera.																
CON-AID		100%	6.7 gr													
		60%	4.0 gr													
MOLDE N°.	1			2			3									
CAPAS N°.	5			5			5									
ALTURA DEL MOLDE mm.	126			125			125									
N° DE GOLPES.	12			25			56									
MUESTRA.	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA							
PESO DE MOLDE + SUELO HÚMEDO.	15420		17475	15634		16559	15841		17484							
PESO DEL MOLDE.	8208		8208	8207		8207	8208		8208							
PESO DEL SUELO HÚMEDO.	7212		9267	7427		8352	7633		9276							
VOLUMEN DEL SUELO.	2271		2271	2328		2328	2343		2343							
DENSIDAD HÚMEDA.	3.18		4.08	3.19		3.59	3.26		3.96							
PORCENTAJE DE HUMEDAD.	5.11		6.85	5.28		6.06	5.33		6.69							
DENSIDAD SECA.	3.021		3.818	3.030		3.382	3.092		3.710							
CONDICIÓN DE LA MUESTRA.	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA	SIN MOJAR		MOJADA							
CAPSULA N°.	38	55	25	60	65	35	45	17	41							
PESO DE LA CAPSULA.	25.40	26.20	23.80	23.90	26.40	26.30	25.10	26.48	24.20							
PESO DE CAP+SUELO HÚMEDO.	341.73	253.47	268.31	328.60	381.64	311.10	299.37	308.73	307.66							
PESO DE LA CAP+SUELO SECO.	328.85	240.65	252.63	311.92	365.48	294.82	285.36	294.57	289.87							
PESO DEL AGUA.	12.88	12.82	15.68	16.68	16.16	16.28	14.01	14.16	17.79							
PESO DEL SUELO SECO.	303.45	214.45	228.83	288.02	339.08	268.52	260.26	268.09	265.67							
% DE HUMEDAD.	4.25	5.98	6.85	5.79	4.77	6.06	5.38	5.28	6.69							
% PROMEDIO DE HUMEDAD.	5.11		6.85	5.28		6.06	5.33		6.69							
EXPANSION																
MOLDE N°			1			2			3							
FECHA	HORA	TIEMPO (h)	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION						
				PULG	%		PULG	%		PULG	%					
16/09/2015	09:23 a.m.	0	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00					
17/09/2015	09:23 a.m.	24	1.7	0.002	0.04	1.6	0.002	0.03	1.4	0.001	0.03					
18/09/2015	09:23 a.m.	48	4.5	0.005	0.10	3.5	0.004	0.08	3.4	0.003	0.07					
19/09/2015	09:23 a.m.	72	9.4	0.009	0.21	8.7	0.009	0.19	8.5	0.009	0.19					
20/09/2015	09:23 a.m.	96	11.7	0.012	0.26	11.2	0.011	0.24	11.1	0.011	0.24					
PENETRACION																
MOLDE N°			1				2				3					
PENET	CARGA	ÁREA	CARGA		CORREGIDO		CARGA		CORREGIDO		CARGA		CORREGIDO			
			10	(PSI)	(PULG2)	DIAL (KN)	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.	CBR	DIAL	PSI	CORR.
0.000		3.11	0.000	0.00	0		0.000	0.00	0		0.000	0.00	0			
0.025		3.11	3.624	261.86	262		4.024	290.78	291		5.687	410.93	411			
0.050		3.11	8.240	595.40	595		9.367	676.83	677		10.267	741.86	742			
0.075		3.11	14.258	1030.24	1030		15.657	1131.33	1131		17.258	1247.01	1247			
0.100	1000	3.11	19.752	1427.22	1427	142.72	20.668	1493.41	1493	149.34	21.687	1567.04	1567	156.70		
0.200	1500	3.11	29.931	2162.72	2163	144.18	31.369	2266.63	2267	151.11	32.991	2383.83	2384	158.92		
0.300	1900	3.11	38.689	2795.55	2796	147.13	40.171	2902.63	2903	152.77	42.258	3053.43	3053	160.71		
0.400	2300	3.11	47.658	3443.62	3444	149.72	49.857	3602.51	3603	156.63	52.247	3775.21	3775	164.14		
0.500	2600	3.11	55.723	4026.37	4026	154.86	57.168	4130.79	4131	158.88	60.254	4353.77	4354	167.45		
CARGA			PARA 12		PARA 25		PARA 56									
1000			1427.22	142.72	1493.41	149.34	1567.04	156.70								
1500			2162.72	144.18	2266.63	151.11	2383.83	158.92								
1900			2795.55	147.13	2902.63	152.77	3053.43	160.71								
2300			3443.62	149.72	3602.51	156.63	3775.21	164.14								
2600			4026.37	154.86	4130.79	158.88	4353.77	167.45								
MÁXIMO CBR.					144.18	151.11	158.92									
DENSIDAD.					3.02	3.03	3.09									

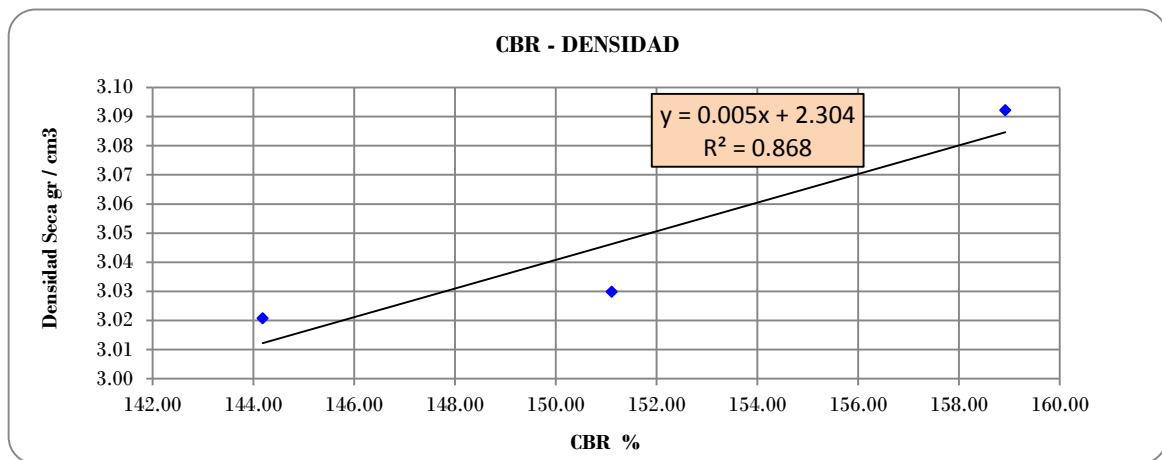
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 86: CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 87: CBR – DENSIDAD DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**3.5.1.12.1. CONCLUSIONES PARCIALES.**

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de CBR de laboratorio, se obtuvo las siguientes tablas en donde se podrá comparar y ver que la densidad y el CBR van en aumento al adicionar mayor cantidad de aditivo.

Tabla 87: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADITIVO.

DENSIDAD MAX. 100%	2.06	gr/cm3.	HUMEDAD OPTIMA	9.15	%
DENSIDAD MAX. 95%	1.95	gr/cm3.	DENSIDAD MAX. 100%	2.06	gr/cm3.
C.B.R. 95%	54.01	%	C.B.R. 100%	78.70	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 88: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 15%.

DENSIDAD MAX. 100%	2.34	gr/cm3.	HUMEDAD OPTIMA	9.83	%
DENSIDAD MAX. 95%	2.23	gr/cm3.	DENSIDAD MAX. 100%	2.34	gr/cm3.
C.B.R. 95%	76.35	%	C.B.R. 100%	80.40	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 89: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 30%.

DENSIDAD MAX. 100%	2.60	gr/cm3.	HUMEDAD OPTIMA	10.17	%
DENSIDAD MAX. 95%	2.47	gr/cm3.	DENSIDAD MAX. 100%	2.60	gr/cm3.
C.B.R. 95%	94.41	%	C.B.R. 100%	98.72	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

**Tabla 90: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 45%.**

DENSIDAD MAX. 100%	2.81	gr/cm3.	HUMEDAD OPTIMA	10.39	%
DENSIDAD MAX. 95%	2.67	gr/cm3.	DENSIDAD MAX. 100%	2.81	gr/cm3.
C.B.R. 95%	115.83	%	C.B.R. 100%	127.95	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**Tabla 91: RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR DE LABORATORIO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 CON LA ADICIÓN DE ADITIVO AL 60%.**

DENSIDAD MAX. 100%	3.09	gr/cm3.	HUMEDAD OPTIMA	10.60	%
DENSIDAD MAX. 95%	2.94	gr/cm3.	DENSIDAD MAX. 100%	3.09	gr/cm3.
C.B.R. 95%	131.97	%	C.B.R. 100%	159.28	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



3.5.1.13. COMPARACIÓN DEL COSTO DEL MATERIAL DE CANTERA Km02+700 AÑADIENDO ADITIVO CON-AID COMPARADO CON LA CANTERA Km 67+750.

Tabla 92: OBTENCIÓN DE LA DISTANCIA VIRTUAL EN KILÓMETROS.

DATOS DE LA MUESTRA:		BACHILLER :																													
UBICACIÓN:	CANTERA Km 02 + 700 DE SAN JERONIMO - MAYUMBAMBA.	XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN																													
MATERIAL:	DE CANTERA.																														
OBSERVACIONES:																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RUTA.</th> <th rowspan="2">DISTANCIA REAL (Km).</th> <th rowspan="2">FACTOR (K).</th> <th rowspan="2">DISTANCIA VIRTUAL EN (Km).</th> </tr> <tr> <th>DE.</th> <th>A.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SITIO DE ALQUILER</td> <td>Cantera Km 2+700.</td> <td>3+400</td> <td>1.40</td> <td>4.760</td> </tr> <tr> <td>Cantera Km 2+700.</td> <td>OBRA.</td> <td>2+700</td> <td>1.40</td> <td>3.780</td> </tr> <tr> <td>SITIO DE ALQUILER</td> <td>Cantera Km 67+750.</td> <td>68+450</td> <td>1.40</td> <td>95.830</td> </tr> <tr> <td>Cantera Km 67+750.</td> <td>OBRA.</td> <td>65+050</td> <td>1.40</td> <td>91.070</td> </tr> </tbody> </table>					RUTA.		DISTANCIA REAL (Km).	FACTOR (K).	DISTANCIA VIRTUAL EN (Km).	DE.	A.	SITIO DE ALQUILER	Cantera Km 2+700.	3+400	1.40	4.760	Cantera Km 2+700.	OBRA.	2+700	1.40	3.780	SITIO DE ALQUILER	Cantera Km 67+750.	68+450	1.40	95.830	Cantera Km 67+750.	OBRA.	65+050	1.40	91.070
RUTA.		DISTANCIA REAL (Km).	FACTOR (K).	DISTANCIA VIRTUAL EN (Km).																											
DE.	A.																														
SITIO DE ALQUILER	Cantera Km 2+700.	3+400	1.40	4.760																											
Cantera Km 2+700.	OBRA.	2+700	1.40	3.780																											
SITIO DE ALQUILER	Cantera Km 67+750.	68+450	1.40	95.830																											
Cantera Km 67+750.	OBRA.	65+050	1.40	91.070																											

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Tabla 93: OBTENCIÓN DEL COSTO DE FLETE DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 MAS LA ADICIÓN DE ESTABILIZANTE CON-AID.

DATOS DE LA MUESTRA:					BACHILLER :		
UBICACIÓN:		CANTERA Km 02 + 700 DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.			XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN		
MATERIAL:		DE CANTERA.					
OBSERVACIONES:							
1.- COSTO DE EQUIPO DESDE EL SITIO DE ALQUILER A CANTERA KM 02+700.							
VELOCIDAD DIRECTRIZ Km/hr.	RUTA.		DISTANCIA VIRTUAL EN (Km).	TIEMPO TOTAL EN HRS.	OBSERVACIÓN.		
	DE.	A.					
40.00	SITIO DE ALQUILER	Cantera Km 2+700.	4.76	0.12	Movilización.		
DESCRIPCIÓN.			UNIDAD.	CANTIDAD.	PRECIO UNITARIO.	PARCIAL.	TOTAL.
MANO DE OBRA.							130.00
1	Capataz		h.h	8.000	10.00	80.00	
1	Peón		h.h	8.000	6.25	50.00	
EQUIPO.							33.60
1	Cargador FR 140.		h.m.	0.120	120.00	14.40	
1	Camión cisterna 2000 glns.		h.m.	0.120	82.00	9.84	
1	Camión volquete de 10 m3.		h.m.	0.120	78.00	9.36	
MATERIALES.							700.00
1	CON-AID.		lt.	1.000	700.00	700.00	
2.-COSTO DE CANTERA KM 02+700 A OBRA.							
VELOCIDAD DIRECTRIZ Km/hr.	RUTA.		DISTANCIA VIRTUAL EN (Km).	TIEMPO TOTAL EN HRS.	OBSERVACIÓN.		
	DE.	A.					
40.00	Cantera Km 2+700.	OBRA.	3.78	0.09	Movilización.		
DESCRIPCIÓN.			UNIDAD.	CANTIDAD.	PRECIO UNITARIO.	PARCIAL.	TOTAL.
MANO DE OBRA.							440.00
1	Capataz		h.h	8.000	10.00	80.00	
1	Oficial		h.h	8.000	7.50	60.00	
6	Peón		h.h	8.000	6.25	300.00	
EQUIPO.							25.20
1	Cargador FR 140.		h.m.	0.090	120.00	10.80	
1	Camión cisterna 2000 glns.		h.m.	0.090	82.00	7.38	
1	Camión volquete de 10 m3.		h.m.	0.090	78.00	7.02	
COSTO TOTAL S/.						1,328.80	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



Tabla 94: OBTENCIÓN DEL COSTO DE FLETE DEL MATERIAL DE LA CANTERA Km 67+750.

DATOS DE LA MUESTRA:					BACHILLER :	
UBICACIÓN:		CANTERA Km 02 + 700 DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA.			XAVIER ENOC NÚÑEZ HUAMÁN	
MATERIAL:		DE CANTERA.				
OBSERVACIONES:						
1.- COSTO DE EQUIPO DESDE EL SITIO DE ALQUILER A CANTERA KM 67+750.						
VELOCIDAD DIRECTRIZ Km/hr.	RUTA.		DISTANCIA VIRTUAL EN (Km).	TIEMPO TOTAL EN HRS.	OBSERVACIÓN.	
	DE.	A.				
40.00	SITIO DE ALQUILER	Cantera Km 67+750.	95.83	2.40	Movilización.	
DESCRIPCIÓN.						
UNIDAD.	CANTIDAD.	PRECIO UNITARIO.	PARCIAL.	TOTAL.		
MANO DE OBRA.						
1	Capataz	h.h	8.000	10.00	80.00	130.00
1	Peón	h.h	8.000	6.25	50.00	
EQUIPO.						
1	Cargador FR 140.	h.m.	2.400	120.00	288.00	672.00
1	Camión cisterna 2000 glns.	h.m.	2.400	82.00	196.80	
1	Camión volquete de 10 m3.	h.m.	2.400	78.00	187.20	
2.-COSTO DE CANTERA KM 67+750 A OBRA .						
VELOCIDAD DIRECTRIZ Km/hr.	RUTA.		DISTANCIA VIRTUAL EN (Km).	TIEMPO TOTAL EN HRS.	OBSERVACIÓN.	
	DE.	A.				
40.00	Cantera Km 67+750.	OBRA.	91.07	2.28	Movilización.	
DESCRIPCIÓN.						
UNIDAD.	CANTIDAD.	PRECIO UNITARIO.	PARCIAL.	TOTAL.		
MANO DE OBRA.						
1	Capataz	h.h	8.000	10.00	80.00	440.00
1	Oficial	h.h	8.000	7.50	60.00	
6	Peón	h.h	8.000	6.25	300.00	
EQUIPO.						
1	Cargador FR 140.	h.m.	2.280	120.00	273.60	638.40
1	Camión cisterna 2000 glns.	h.m.	2.280	82.00	186.96	
1	Camión volquete de 10 m3.	h.m.	2.280	78.00	177.84	
COSTO TOTAL S/.				1,880.40		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



3.5.1.13.1. CONCLUSIONES PARCIALES

De acuerdo a los resultados obtenidos de la comparación de costos para la utilización del material de la cantera Km 02+700 adicionando estabilizante CON-AID, y comparándolo con el costo de material de cantera Km 67+750 se tiene:

Costo del flete del Material de cantera Km 02+700 más aditivo CON-AID tiene un costo de 1, 328.80 soles.

Costo del flete del Material de cantera Km 67+750 tiene un costo de 1, 880.40 soles.

CAPITULO IV: RESULTADOS.

4.1. RESULTADO GENERAL.

Las propiedades geotécnicas del material de cantera Km 2+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo – Mayumbamba estabilizado químicamente con estabilizante iónico CON-AID comparado con suelo natural que pueda representar mejoras técnicas, económicas y constructivas.

Tabla 95: RESULTADO DEL ENSAYO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ESTABILIZADO CON ADITIVO CON-AID Y COMPARADO CON EL SUELO NATURAL.

<i>MUESTRA N°</i>	<i>INDICE DE PLASTICIDAD.</i>	<i>DENSIDAD AL 95%. Kg/Cm3.</i>	<i>C.B.R. AL 95%.</i>
<i>SIN ADITIVO.</i>	8.611%	1.952	54.01%
<i>ADI + 15%.</i>	8.595%	2.225	76.35%
<i>ADI + 30%.</i>	8.439%	2.467	94.41%
<i>ADI + 45%.</i>	8.091%	2.672	115.83%
<i>ADI + 60%.</i>	8.016%	2.938	131.97%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Los valores de índice de plasticidad disminuye en 0.68% con aditivo ionizante al 15% y en un 1.02% con aditivo ionizante al 30% y en un 1.24% con aditivo ionizante al 45% y en un 1.45% con aditivo ionizante al 60%.

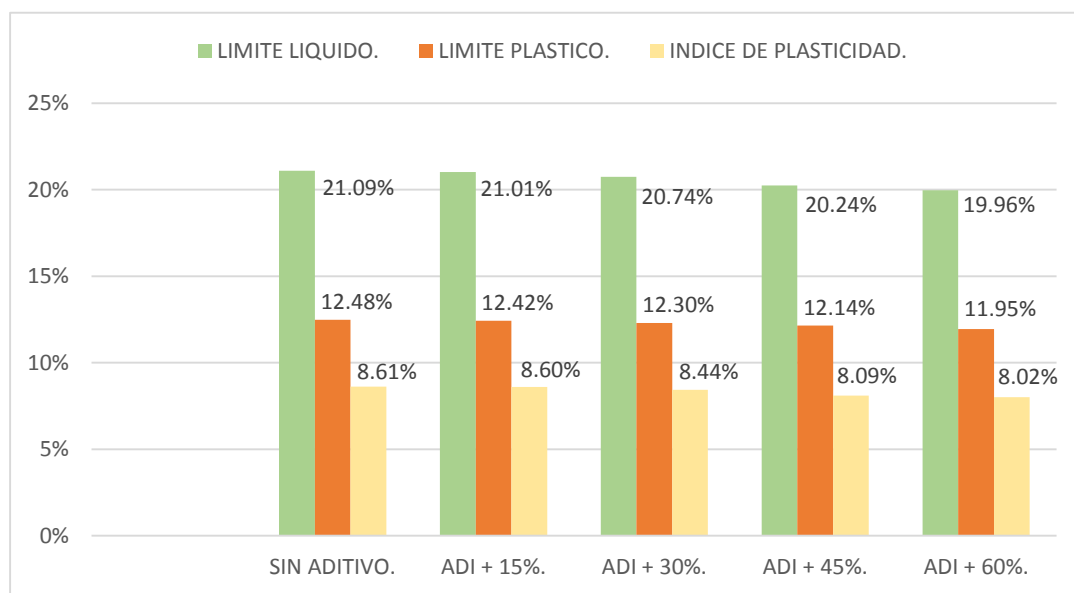
Los valores de densidad máxima al 95% se incrementan en un 0.273 Kg/Cm3 con aditivo ionizante al 15% y en un 0.404 Kg/Cm3 con aditivo ionizante al 30% y en un 0.618 Kg/Cm3 con aditivo ionizante al 45% y en un 0.780 Kg/Cm3 con aditivo ionizante al 60%.

Finalmente los valores de CBR al 95% se incrementan en un 22.35% con aditivo ionizante al 15% y en un 40.40% con aditivo ionizante al 30% y en un 61.82% con aditivo ionizante al 45% y en un 77.97% con aditivo ionizante al 60%.

4.2. PRIMER RESULTADO.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de limite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad del suelo de la cantera Km 2+700 sin la adición de estabilizante iónico CON-AID, comparado con los ensayos realizados adicionando estabilizante iónico.

Figura 88: VALORES DE ENSAYOS DE ATTERBERG.



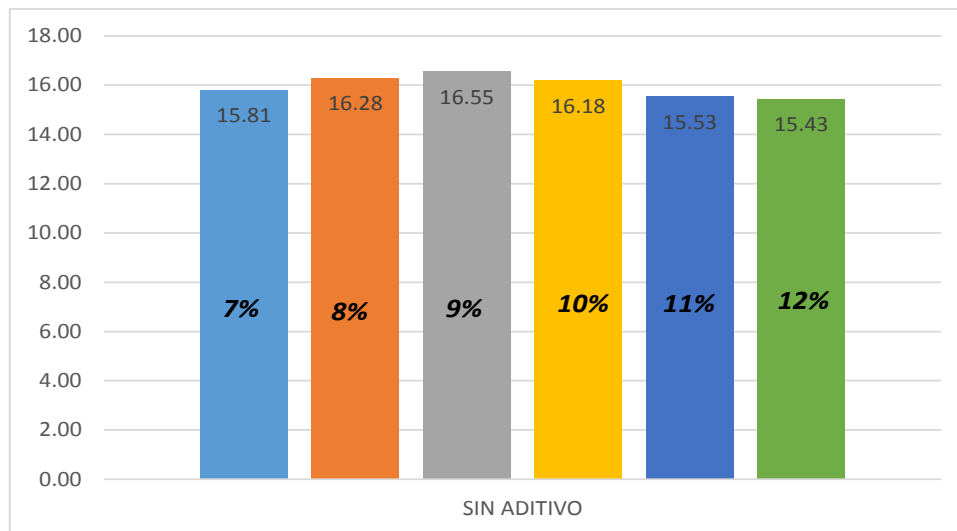
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

- Los valores límite líquido se disminuyeron en un 0.08% de limite plástico en 0.06% y de índice de plasticidad en 0.02% con aditivo ionizante al 15%.
- Los valores límite líquido se disminuyeron en un 0.35% de limite plástico en 0.18% y de índice de plasticidad en 0.17% con aditivo ionizante al 30%.
- Los valores límite líquido se disminuyeron en un 0.86% de limite plástico en 0.34% y de índice de plasticidad en 0.52% con aditivo ionizante al 45%.
- Los valores límite líquido se disminuyeron en un 1.13% de limite plástico en 0.54% y de índice de plasticidad en 0.60% con aditivo ionizante al 60%.

4.3. SEGUNDO RESULTADO.

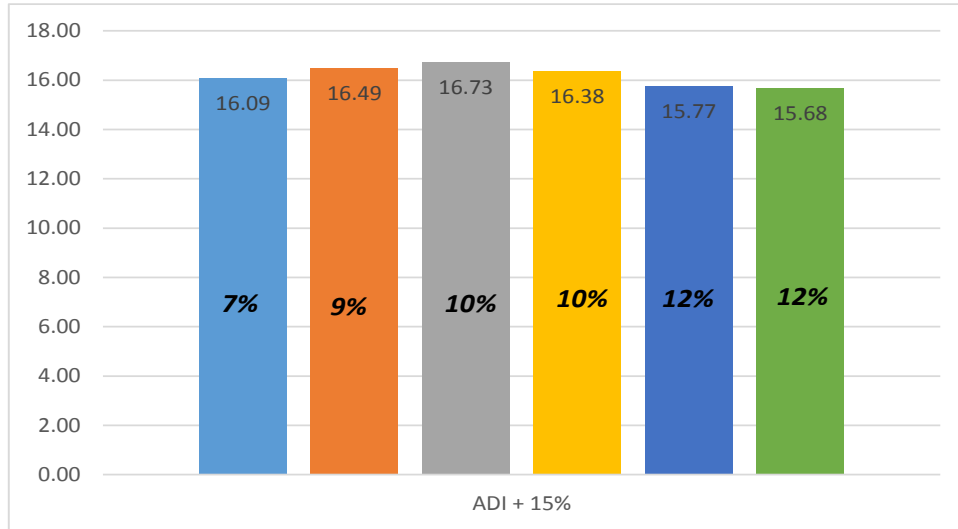
Los siguiente gráficos muestra las máximas densidades secas obtenidas del ensayo de Proctor modificado del suelo de la cantera Km 2+700 de la ruta CU-123 de San Jerónimo – Mayumbamba sin la adición de estabilizante iónico CON-AID, comparado con los ensayos realizados adicionando estabilizante iónico en diferentes porcentajes.

Figura 89: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 SIN ADICIONAR ADITIVO.



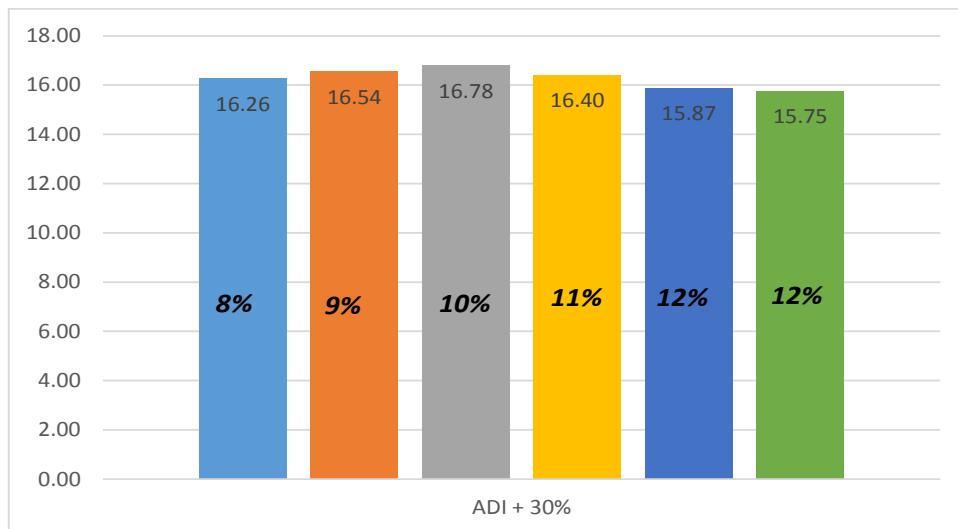
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 90: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 15%.



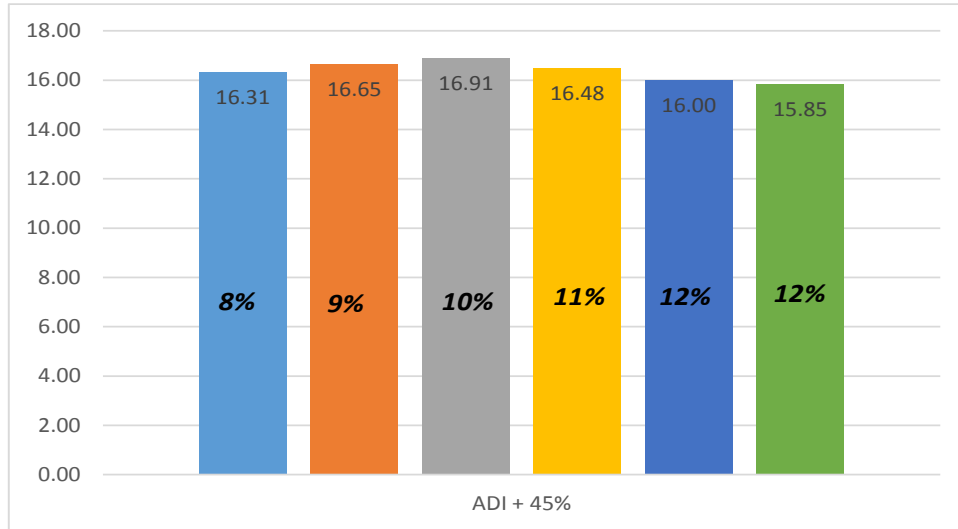
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 91: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 30%.



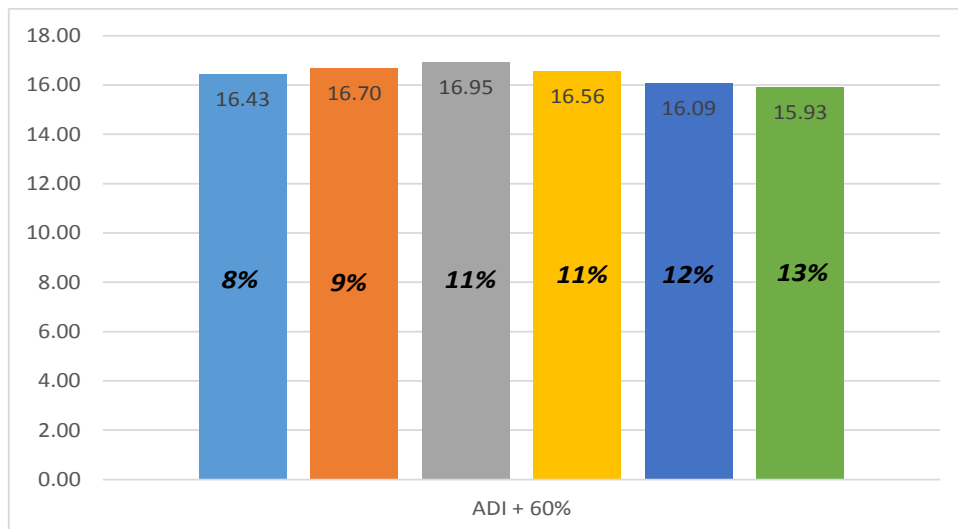
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 92: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 45%.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Figura 93: MÁXIMAS DENSIDADES SECAS PARA MATERIAL DE CANTERA Km 2+700 ADICIONANDO ADITIVO CON-AID AL 60%.

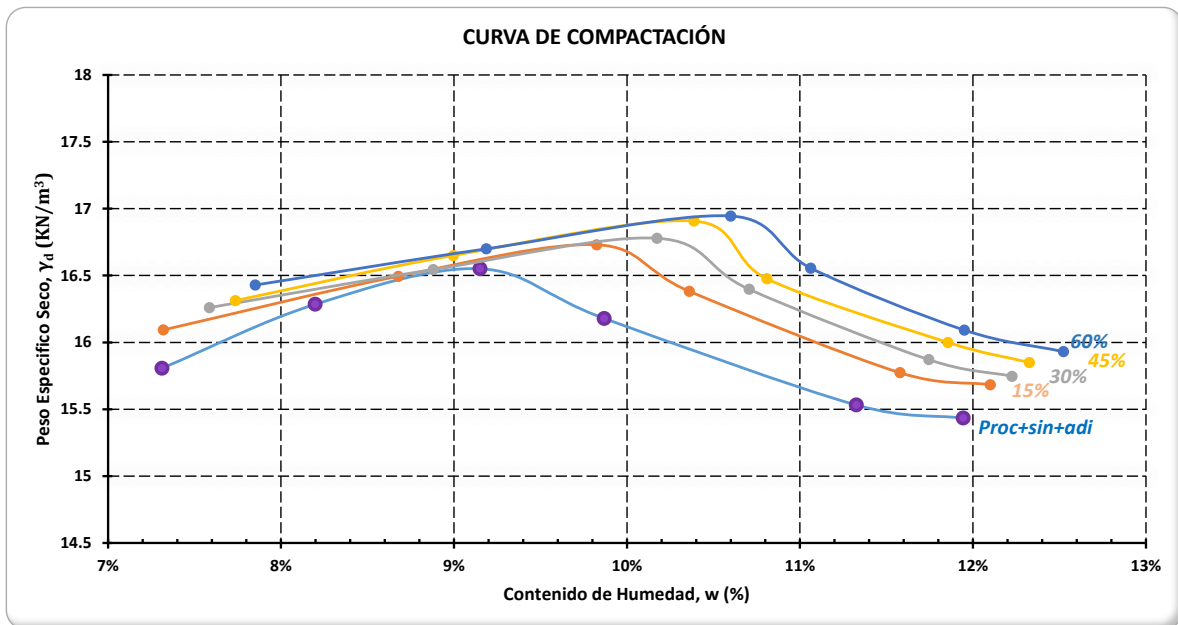


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Teniendo una densidad máxima del ensayo de suelo sin aditivo de 16.55 KN/m³ dicho valor según muestran los resultados a aumentando según se aumenta la dosificación de aditivo, teniendo como densidad máxima de material de cantera con aditivo al 60% una densidad de 16.95 KN/m³.

De los resultados se deduce que es directamente proporcional a mayor aditivo ionizante CON-AID, mayor resultado de densidad máxima seca.

Figura 94: COMPARACIÓN DE CURVAS DE COMPACTACIÓN.



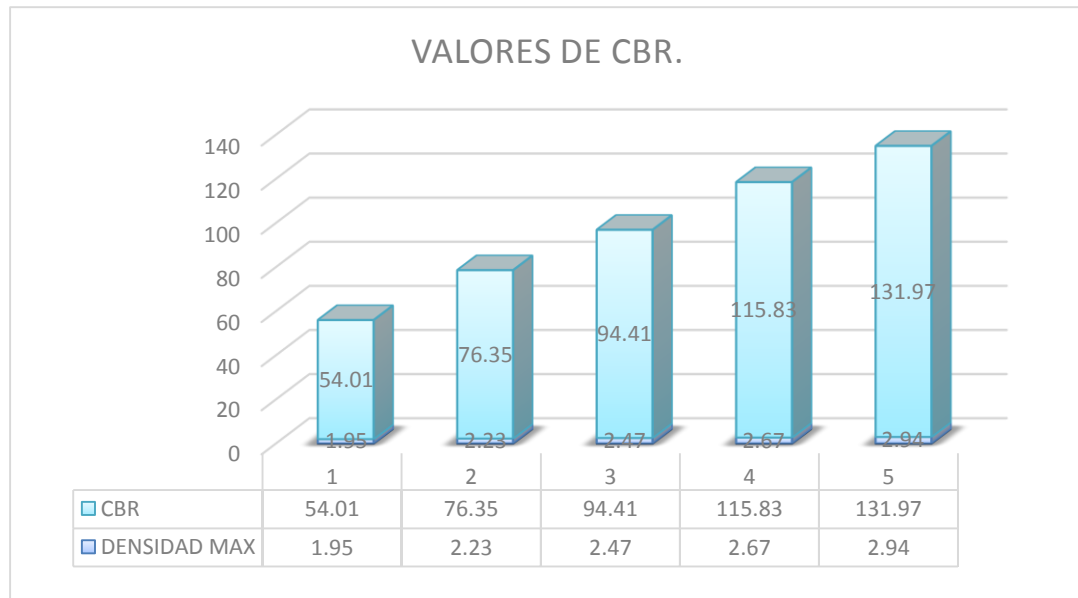
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.4. TERCER RESULTADO.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los valores de CBR al 90% por tratarse de estabilización de material de cantera para afirmado.

De los resultados se deduce que es directamente proporcional a mayor aditivo ionizante CON-AID, mayor CBR.

Figura 95: VALORES DE CBR DE SUELO NATURAL COMPARADO CON SUELO ESTABILIZADO.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4.5. CUARTO RESULTADO.

La variación del costo del material de la cantera Km 02+700 estabilizado con aditivo químico CON-AID, comparado con el material sin estabilizar de la cantera Km 67+750 del tramo San Jerónimo – Accha.

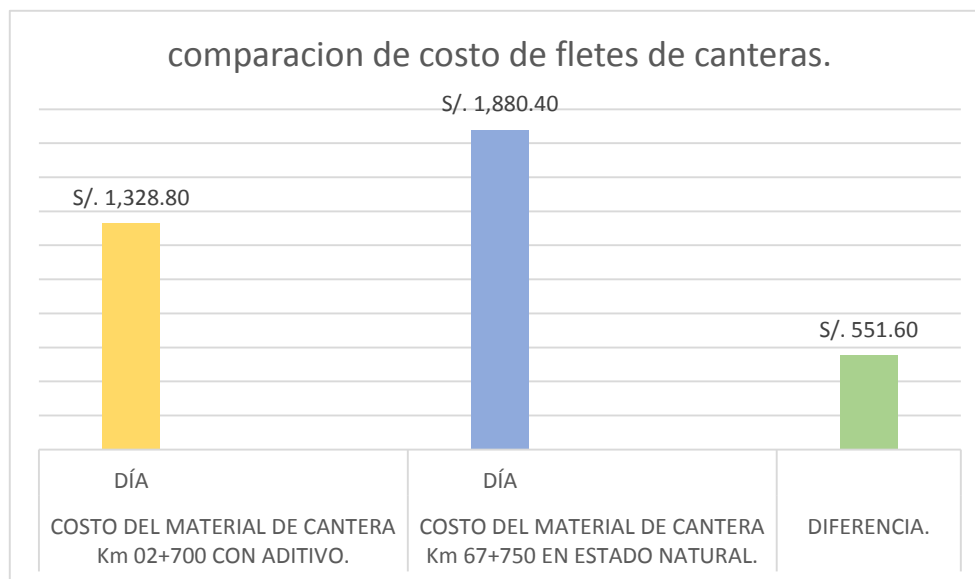
Tabla 96: COMPARACIÓN DEL COSTO DE FLETE DE LAS DIFERENTES CANTERAS.

DESCRIPCIÓN .	UND.	COSTO.	PORCENTAJE.
COSTO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 02+700 CON ADITIVO.	DÍA	S/. 1,328.80	100.00%
COSTO DEL MATERIAL DE CANTERA Km 67+750 EN ESTADO NATURAL.	DÍA	S/. 1,880.40	141.51%
DIFERENCIA.		S/. 551.60	41.51%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Teniendo una diferencia de variación de costo de flete al día de s/. 1,131.60 nuevos soles.

Figura 96: COMPARACIÓN DE COSTO DE FLETE DIARIO DE CANTERA.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



CAPITULO V: DISCUSIÓN.

DISCUSIÓN N° 01 ¿POR QUE SE ELIGIO ESTABILIZAR CON ADITIVO IONIZANTE CON-AID?

Se eligió como aditivo estabilizante al aditivo ionizante iónico CON-AID porque según sus manuales del mismo aditivo recomienda usarse solo en suelos de clasificación limosa, arcillosa, limo-arcillosa o arcillosa-limosa mas no en suelos granulares como el suelo de la cantera Km 2+700 de la ruta CU-123 de San Jerónimo – Mayumbamba, teniendo en cuenta que nuestro suelo tiene un porcentaje de limos y arenas, se consideró aplicar este a aditivo ionizante para mejorar las propiedades físico- mecánicas del suelo.

DISCUSIÓN N° 02 ¿A QUE SE DEBE QUE SE SUPERO EL 100% DE VALOR DE CBR CON LA MEZCLA DE SUELO DE CANTERA Km 02+700 CON ESTABILIZANTE IÓNICO?

Esto es posible ya que el material de cantera Km 2+700 de la ruta CU-123 de San Jerónimo – Mayumbamba contiene material granular, teniendo que estabilizar el material fino con aditivo ionizante considerando que este aditivo mejora la humedad del material a no permitir que adsorba más agua que la que debe.

DISCUSIÓN N° 03 ¿A QUE RAZÓN SE DEBE QUE SE ESCOGIÓ EL MATERIAL DE LA CANTERA Km 02+700 DE LA RUTA CU-123 DE SAN JERÓNIMO - MAYUMBAMBA?

Para aceptar cualquier material en obra, para fines de sub base es necesario que cumpla con la normativa ASTM teniendo en cuenta que el material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 de San Jerónimo – Mayumbamba no cumple con las normativas para suelos de sub base, el cual no sería aceptado en obra. También se escogió dicha cantera por su cercanía a obra.



Por consiguiente se opta por usar un material adecuado procedente de otra cantera que usualmente se encuentra a grandes distancias, incrementando el costo por flete, de tal manera surgió la idea de estabilizar el material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 de San Jerónimo – Mayumbamba tratando de mejorar sus propiedades físico mecánicas con aditivo estabilizante iónico CON-AID.

DISCUSIÓN N° 04 ¿A QUE SE DEBE LOS PORCENTAJES DE 15%, 30%, 45%, Y 60% DE ESTABILIZANTE IÓNICO CON-AID?

Teniendo en cuenta las propiedades iónicas del estabilizante CON-AID, se consideró jugar con el peso del agua del material ensayado teniendo como resultado el promedio de peso de agua.

Tal promedio es el 100% al cual se remplace en peso el contenido de aditivo a usarse.

Por tal razón no se añadiría más agua de lo que se debe añadir en ningún ensayo.

DISCUSIÓN N° 05 ¿LOS TRABAJOS CON ADITIVO ESTABILIZANTE IÓNICO CON-AID SON DAÑINOS PARA LA SALUD?

La bibliografía indica que usando las medidas de protección necesarias al trabajar con cualquier material y o aditivo deberá ser seguro.

El aditivo CON-AID es un material con las siguientes características:

- No inflamable.
- No corrosivo.
- no peligroso.
- no toxico.
- Totalmente benigno para el usuario y el medio ambiente.

(TDN, Especificaciones generales para CON-AID SÚPER, 2010), pág.41.



GLOSARIO.

ESTABILIZADOR:

Producto adicional diferente al suelo que se le añade con la finalidad de mejorar sus propiedades físico-mecánicas.

SUBRASANTE:

La Subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la Subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la Subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS:

Proceso físico y/o químico por el que se mejoran las propiedades físico-mecánicas del suelo natural en corte o de los materiales de préstamo en relleno, con el objeto de hacerlos estables.

GRANULOMETRÍA:

Es la propiedad que tienen los suelos de mostrar diferentes tamaños en su composición, es decir, la división del 174 mismo en diferentes fracciones seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes.

HUMEDAD ÓPTIMA:

Porcentaje de agua necesaria en el momento de la compactación, previamente en un laboratorio.



ÍNDICE DE PLASTICIDAD:

Es la diferencia del límite líquido y el límite plástico. Las terracerías están formadas por las capas: cuerpo del Terraplén y la subrasante.

LIMITE LÍQUIDO:

Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado semi-líquido y plástico. Se les 175 practican estos ensayos a los materiales que pasen la malla No. 40.

LIMITE PLÁSTICO:

Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y semi-sólido.

MUESTRA:

Cantidad de material necesario para realizar todas las pruebas de laboratorio y aún repetir las incorrectas o aquellas cuyos resultados son dudosos.

MUESTREO:

es la actividad de campo, que consiste en la obtención de una o varias porciones de los materiales, con los cuales se pretende construir una estructura (Pavimento), procediendo de tal manera que las características de la o las 176 porciones obtenidas, permitan hacer una evaluación lo más real posible, del conjunto que representan.

PESO ESPECÍFICO:

Es la relación entre el peso, al aire, de las partículas minerales y el peso, al aire, del agua destilada a un mismo volumen.



PESO VOLUMÉTRICO SECO:

Es la relación entre el peso de los sólidos y el volumen total del suelo. Se usa en cuestiones de compactación.

PLASTICIDAD:

Propiedad de un material por la que es capaz de soportar deformaciones rápidas.

POROSIDAD:

Que tiene poros.

PROCTOR ESTÁNDAR:

Determina de máxima densidad y el contenido de humedad óptima. (Compactación).

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Evaluadas mediante parámetros cuantitativos que sirven en el cálculo de estabildades de las fundaciones o estructuras de tierra.

AGREGADO FINO:

Agregado que pasa el tamiz de 6.4 mm (N°4).

AGREGADO GRUESO:

Agregado retenido en el tamiz de 6.4 mm (N°4).

AGREGADO:

Un material granular duro de composición mineralógica, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.



CANTERA:

Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.

CBR:

Índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de sub rasante y de las capas de base, sub base y de afirmado.

CUARTEO:

Procedimiento de reducción del tamaño de una muestra.

SIGLAS Y ABREVIATURAS.

AASHTO:

Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials).

ASTM:

Asociación Americana para el Ensayo de Society for Testing Materials).

MTC:

Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

CONCLUSIONES.

- **CONCLUSIÓN N°01.-**

Se logró demostrar la hipótesis general: *“La estabilización del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo - Mayumbamba, más la adición de estabilizante iónico, modificara la plasticidad, mejorara el grado de compactación, aumentara la capacidad de soporte (CBR), incrementara significativamente el costo”*, ya que al incrementar la cantidad de aditivo iónico en los porcentajes trabajados de 15%, 30%, 45% y 60% al material de la cantera Km 02+700 del tramo San Jerónimo –Mayumbamba, los valores de límites de atterberg disminuyeron por lo cual no se logró demostrar la primera sub hipótesis, con este incremento de aditivo iónico los valores de grado de compactación aumentaron por tal razón se logró demostrar la segunda sub hipótesis y la tercera sub hipótesis ya que los valores de capacidad de soporte CBR también subieron teniendo en cuenta que este incremento no favoreció para demostrar la cuarta sub hipótesis ya que el costo de traslado o flete de dicha cantera es menor al costo de traslado o flete de la cantera Km 67+750 del tramo San Jerónimo – ACCHA.

- **CONCLUSIÓN N°02.-**

No se logró demostrar la primera sub hipótesis: *“La adición de estabilizante iónico al material de la cantera Km 02+700 incrementará la plasticidad del suelo”*, ya que al adicionar aditivo químico CON-AID al material de la cantera Km 02+700 en los diferentes porcentajes propuestos los cuales son:

- CON-AID al 15%.
- CON-AID al 30%.
- CON-AID al 45%.
- CON-AID al 60%.

Se obtuvo que a mayores cantidades de aditivo tendremos menor porcentaje de límites de atterberg (LL, LP, IP). Tal como se puede apreciar en la figura N° 88.

- **CONCLUSIÓN N°03.-**

Al incrementar aditivo iónico al material de cantera Km 02+700 en los diferentes porcentajes se obtuvo incrementos en la curva de compactación de dicho material, teniendo como resultado el promedio de densidad seca del material sin aditivo de 15.96 KN/m³, el cual comparado con el promedio de densidad seca del material con aditivo al 60% es de 16.44 KN/m³. Teniendo un incremento de 0.48 KN/m³ demostrando de esta manera la segunda sub hipótesis: *“La adición del estabilizante iónico aumentará el grado de compactación del suelo de la cantera Km 02+700 de San Jerónimo – Mayumbamba”*.

- **CONCLUSIÓN N°04.-**

Se logró demostrar la tercera sub hipótesis: *“La adición del estabilizante iónico incrementará la capacidad de soporte (CBR) del material de la cantera Km 02+700 de San Jerónimo –Mayumbamba”*, ya que al adicionar aditivo iónico en los porcentajes del 15%,30%,45%,60% se incrementó la capacidad de soporte CBR del material de cantera del Km 02+700 del tramo San Jerónimo – Mayumbamba tal como se puede apreciar en la figura N°95 de la presente investigación.

- **CONCLUSIÓN N°05.-**

No se logró demostrar la cuarta sub hipótesis: *“Al adicionar estabilizante iónico al material de la cantera Km 02+700 incrementa el costo significativamente”*. Ya que al comparar los costos de traslado o flete de equipos de la cantera Km 02+700 adicionando aditivo CON-AID, resulta mucho más barato estabilizar



dicha cantera que usar el material de la cantera del Km 67+750 del tramo San Jerónimo – Accha ya que el costo de traslado o flete de dicha cantera es mayor tal como se puede apreciar en la tabla e figura N° 96.



RECOMENDACIONES.

RECOMENDACIÓN N°01.- Realizar un análisis químico y mineralógico del aditivo iónico CON-AID, para poder analizar las reacciones que podría causar si se quisiera estabilizar un suelo mezclándolo con cemento, cal y/o otros aditivos.

RECOMENDACIÓN N°02.- Se recomienda utilizar el material de la cantera Km 02+700 adicionando aditivo iónico CON-AID para uso en base, sub base, afirmado etc.

RECOMENDACIÓN N°03.- Para tener adecuados resultados en estabilización de los suelos con aditivo iónico CON-AID, se recomienda respetar los plazos de curado, recomendando como mínimo 4 días.

RECOMENDACIÓN N°04.- Para tener resultados óptimos se recomienda usar aditivo ionizante en 45% del contenido de humedad ya que con esta dosificación se obtuvo un CBR mayor al 100%.

RECOMENDACIÓN N°05.- Procurar que la mezcla del material de cantera Km 02+700 con aditivo ionizante sea lo más uniforme posible.

RECOMENDACIÓN N°06.- Que las mediciones, en especial los pesos de los materiales sean los más precisos y exactos posibles, ya que, las cantidad de aditivo ionizante sugeridas en la presente investigación representa un porcentaje del contenido de humedad del material de cantera.

RECOMENDACIÓN N°07.- Se recomienda usar el 30% y/o 45% de aditivo CON-AID para material de sub rasante ya que alcanza el 94.41%, 115.83% respectivamente de CBR al 95%



REFERENCIAS.

- Campos, C. (2005). Laboratorio de Ensayo de Materiales. Lima-Perú: FIC Universidad Nacional de Ingeniería.
- Carbajal, E. P. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú.
- Díaz Farfán, J. (1999). Tecnología del Concreto. Cusco-Perú: Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco.
- Harmsen, T. (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado (Cuarta Edición ed.). Lima-Perú: Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pasquel Carbajal, E. (2001). Tópicos de Tecnología del Concreto. Lima-Perú: Editorial: Colegio de Ingenieros del Perú Concejo Nacional.
- Permuy, P. (2002). Hormigón y Materiales Compuestos. Lima-Perú: Editorial ICG.
- Riva, L. (2010). Concreto: Diseño de Mezclas (Primera Edición ed.). Lima-Perú: Editorial ICG.
- Varios. (2010). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima-Perú: Macro.
- Joseph E. Bowles, (1980). Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. Bogotá – Colombia: Editorial: McGRAW-HILL LATINO AMERICANA, S.A.

NORMAS MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

- Norma ASTM 150.
- Norma técnica peruana NTP 334.090.
- MTC E101-2000 Guía para muestreo de suelos y rocas.
- MTC E103-2000 Métodos para la reducción de muestras de campo a tamaños de muestras de laboratorio.
- MTC E104-2000 Conservación y transporte de muestras de suelos.



- MTC E108-2000 Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
- MTC E109-2000 Análisis granulométrico por medio del hidrómetro.

- MTC E110-2000 Determinación del límite líquido de los suelos.
- MTC E111-2000 Determinación del límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.
- MTC E112-2000 Determinación de los factores de contracción de los suelos.
- MTC E115-2000 Compactación de suelos en laboratorio
- MTC E132-2000 CBR de laboratorio.

ANEXOS.

