



FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE EN TÉRMINOS DE CBR PARA SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO EN UNA DOSIFICACIÓN DE 2% EN LA AV. OQUENDO, CALLAO, 2019.”

Trabajo de suficiencia profesional para el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Isaac Abundio Cotrina Tucto.

Asesor:

Ing. Rubén Kevin Manturano Chipana

Lima – Perú
2021

DEDICATORIA

A mis padres por su gran apoyo para continuar logrando mis objetivos y a mi esposa e hijos por brindarme sus fortalezas y esas ganas de seguir triunfando y a Dios por todo lo recibido.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su gran apoyo incondicional para lograr mis metas.

A mi esposa e hijos por ser comprensivos en todo este tiempo.

A mi asesor el Ing. Ruben I. Manturano Chipana por todo este tiempo dedicado a lograr mis objetivos.

A la empresa Pavimaq Sac. que me facilito todo documento e información para poder realizar este trabajo de suficiencia profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN EJECUTIVO	11
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	12
1.2. ANTECEDENTES.....	25
1.3. REALIDAD PROBLEMÁTICA	29
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	34
1.3.1. PROBLEMA GENERAL.....	34
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	34
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	35
1.5. LIMITACIONES.....	36
1.6. OBJETIVOS	36
1.6.1. OBJETIVO GENERAL.....	36
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	36
CAPITULO 2. MARCO TEÒRICO.....	37
2.1. BASES TEÒRICAS.....	37
CAPÍTULO 3. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA	95
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	152
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	170
REFERENCIAS.....	176
ANEXOS 1 REPORTE DE FICHA RUC	178
ANEXOS 2 CONSTANCIA DE TRABAJO	182
ANEXOS 3 CARTA DE AUTORIZACION	183

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de contribuyente.	12
Tabla 2. Datos de empresa Pavimaq Sac.	13
Tabla 3. Matriz Foda.	15
Tabla 4. Matriz Foda de Pavimaq Sac.	16
Tabla 5. Vias departamentales pavimentadas.	22
Tabla 6. Porcentaje de cemento por tipo de suelo.	42
Tabla 7. Propiedades comúnmente exigidas a las mezclas de suelo-cemento.	43
Tabla 8. Técnicas de investigación en campo.	44
Tabla 9. Ensayos de laboratorio aplicables.	45
Tabla 10. Ensayos de mecánica de suelos.	46
Tabla 11. Gradación en Sub bases granulares.	47
Tabla 12. Requisitos de materiales para sub base.	48
Tabla 13. Gradación de base granular.	48
Tabla 14. Valor relativo de soporte de base granular.	49
Tabla 15. Requisito de materiales de agregado grueso en base granular.	49
Tabla 16. Requisito de materiales de agregado fino en base granular.	49
Tabla 17. Numero de repeticiones de ejes equivalentes.	52
Tabla 18. Numero de ejes equivalentes 2da parte.	53
Tabla 19. Numero de ejes equivalentes 3era parte.	54
Tabla 20. Categoría de Sub rasante.	55
Tabla 21. Nivel de confiabilidad recomendado.	56
Tabla 22. Desviación estándar normal recomendado.	56
Tabla 23. Índice de serviciabilidad inicial recomendado.	57
Tabla 24. Índice de serviciabilidad final recomendado.	58
Tabla 25. Diferencia de serviciabilidad.	59
Tabla 26. Valores recomendados del coeficiente de drenaje.	61
Tabla 27. Calidad de drenaje.	61
Tabla 28. Índice de serviciabilidad , recomendado por MTC.	68
Tabla 29. Confiabilidad y desviación estándar recomendado MTC.	69
Tabla 30. Valores recomendados de resistencia del concreto.	70
Tabla 31. Coeficiente de transferencia de cargas.	70

Tabla 32. Espaciamiento de juntas.....	72
Tabla 33. Espesores mínimos equivalentes segmentados.....	74
Tabla 34. Número de puntos de investigación.....	76
Tabla 35. Técnicas de investigación en campo.....	76
Tabla 36. Ensayos de laboratorio aplicables.....	78
Tabla 37. Ensayos de mecánica de suelos en canteras.....	80
Tabla 38. Gradación en Sub bases granulares.....	81
Tabla 39. Requisitos de materiales para sub base.....	82
Tabla 40. Gradación de base granular.....	82
Tabla 41. Valor relativo de soporte de base granular.....	83
Tabla 42. Requisito de materiales de agregado grueso en base granular.....	83
Tabla 43. Requisito de materiales de agregado fino en base granular.....	83
Tabla 44. Relación de cargas por ejes para determinar Ejes equivalente EE, para pavimentos rígidos.....	86
Tabla 45. Relación de cargas por ejes para determinar ejes equivalentes EE, para pavimentos flexibles y semirrígidos.....	87
Tabla 46. Selección del tipo de cemento asfáltico.....	88
Tabla 47. Stake holders del proyecto.....	97
Tabla 48. Modulo de deformacion secante.....	106
Tabla 49. Valores típicos de CBR.....	97
Tabla 50. Espesor de remplazo según trafico.....	109
Tabla 51. Datos técnicos de las calles a intervenir.....	111
Tabla 52. Factores para elegir dosificación correcta.....	117
Tabla 53. Dosificación de cemento.....	117
Tabla 54. Cálculo de bolsas de cemento al 2%.....	128
Tabla 55. Resultados de ensayo de carga directa primera capa.....	128
Tabla 56. Categoría de sub rasante según CBR.....	128
Tabla 57. Valor relativo se soporte en sub base granular.....	128
Tabla 58. Valor relativo se soporte en base granular.....	128
Tabla 59. Resultados de ensayo de carga directa a la sub base.....	158
Tabla 60. Resultados de ensayo de carga directa a la capa 1.....	158
Tabla 61. Resultados de ensayo de carga directa a la capa 2.....	158

Tabla 62. Resultados de ensayo de carga directa a la capa 3.....	158
Tabla 63. Factores para dosificación, según MTC.....	158
Tabla 64. Resultados de módulo de elasticidad secante capa 1.....	163
Tabla 65. Resultados de módulo de elasticidad secante capa 2.....	163
Tabla 66. Resultados de módulo de elasticidad secante capa 3.....	164
Tabla 67. Resultados de coeficiente de reacción capa 1.....	164
Tabla 68. Resultados de coeficiente de reacción capa 2.....	165
Tabla 69. Resultados de coeficiente de reacción capa 3.....	165
Tabla 70. Resultados de los asentamientos, según capa de relleno 1 y 2.....	166
Tabla 71. Resultados de los asentamientos, según capa de relleno 2 y 3.....	166
Tabla 72. Resultados del ensayo CBR capa 1.....	168
Tabla 73. Resultados del ensayo CBR capa 2.....	168
Tabla 74. Resultados del ensayo CBR capa 3.....	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de empresa PAVIMAQ S.A.C	17
Figura 2. Asentamiento en suelos natural de Av. Oquendo.....	18
Figura 3. Excavación en la Av. Oquendo	19
Figura 4. Escarificado en la Av. Oquendo.....	19
Figura 5. Evidencia fotografica de la experiencia	20
Figura 6. Esparcimiento del cemento en la Av. Oquendo	20
Figura 7. Ensayo de carga directa 1	21
Figura 8. Curva de calidad de carreteras.....	23
Figura 9. Ubicacion de la Av. Oquendo	31
Figura 10. Ubicación del terreno a servir	32
Figura 11. Esquema de Porter.....	39
Figura 12. Sistema de gestión de calidad.....	51
Figura 13. Ecuación AASHTO numero estructural.....	59
Figura 14. Ecuación numero estructural	60
Figura 15. Característica de un pavimento de concreto con juntas	62
Figura 16. Ecuación para determinar espesor de losa.....	63
Figura 17. Sección típica de pavimento flexible.....	65
Figura 18. Elementos estructurales de un pavimento de adoquín de concreto (ASCE,2010) 73	
Figura 19: Ubicacion UTM del proyecto.....	96
Figura 20. Topografía	99
Figura 21. Esquema de operacionalidad	99
Figura 22. Ingeniería SSOMA.....	100
Figura 23. Esquema de levantamiento topográfico	103
Figura 24. Puntos de control topográficos en obra	103
Figura 25. Coordenadas de puntos de control topográfico	104
Figura 26. Datos técnicos del lote a servir.....	104
Figura 27. Datos angulares del lote a servir.....	105
Figura 28. Esquema para seleccionar el tipo de suelo	106
Figura 29. Influencia del CBR en los suelos	109
Figura 30. Av. Oquendo en su estado inicial.....	111
Figura 31. Presupuesto de obra sin mejoramiento	112

Figura 32. Presupuesto de obra con mejoramiento	112
Figura 33. Flujograma para la estabilización de suelos	116
Figura 34. Inicio de trabajos de corte en obra.....	120
Figura 35. Escarificado de terreno	120
Figura 36. Mezclado de material con cemento	121
Figura 37. Supervisión del autor de los trabajos realizados	121
Figura 38. Regado con agua al material escarificado.	122
Figura 39. Regado de la segunda capa compactada.....	122
Figura 40. Supervisión del cemento agregado al suelo	123
Figura 41. Agregado del cemento en la segunda capa de suelo	123
Figura 42. Verificación del mezclado de cemento con el suelo	124
Figura 43. Vaciado de cemento al suelo tercera capa.....	124
Figura 44. Regado con agua a la tercera capa compactada.	125
Figura 45. Mezclado de material tercera capa	125
Figura 46. Escarificado de cemento con el suelo tercera capa.	126
Figura 47. Nivelación topográfico de la tercera capa	126
Figura 48. Supervisión del autor a la puerta de carga directa.....	127
Figura 49. Ensayo de carga directa 2 - tercera capa	127
Figura 50. Resultados de ensayos de clasificación de suelos	129
Figura 51. Curva granulométrica del suelo a trabajar.....	130
Figura 52. Resultados de ensayo de proctor modificado al suelo de la Av. Oquendo	131
Figura 53. Resultados de ensayos de carga directa 1 al suelo de la Av. Oquendo.	132
Figura 54. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 1	133
Figura 55. Resultados de ensayos de carga directa 2 al suelo de la Av. Oquendo	134
Figura 56. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 2	135
Figura 57. Resultados de ensayos de carga directa 3 al suelo de la Av. Oquendo	136
Figura 58. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 3	137
Figura 59. Resultados de ensayo de carga directa 4 al suelo de la Av. Oquendo.....	138
Figura 60. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 4	139
Figura 61. Resultado de ensayo de carga directa 5 al suelo de la Av. Oquendo.	140
Figura 62. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 5	141
Figura 63. Ensayo de carga directa 1 - primera capa.....	142

Figura 64. Ensayo de carga directa 2 - primera capa.....	142
Figura 65. Ensayo de carga directa 4 - primera capa.....	143
Figura 66. Ensayo de carga directa 5 - primera capa.....	143
Figura 67. Plano de ubicación de puntos de ensayos de carga directa	144
Figura 68. Matriz de influencia vs interés.	152
Figura 69. Comparativo de presupuesto de corte en Av. Oquendo.	153
Figura 70. Plano de planta de la Av. Oquendo	154
Figura 71. Perfil de la Av. Oquendo.	155
Figura 72. Plano de planta de la calle G.	156
Figura 73. Perfil de calle G.	157
Figura 74. Comparativo de precios de cemento	159
Figura 75. Presupuesto con estabilizador de cemento	160
Figura 76. Presupuesto con estabilizador de cal	161
Figura 77. Comparativo de presupuesto cemento vs cal	162
Figura 78. Grafico comparativo de costos cemento vs cal	162
Figura 79. Grafico comparativo porcentual cemento vs cal.	162

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de suficiencia profesional tuvo como objetivo principal el mejoramiento de la capacidad portante del suelo en términos de CBR con una estabilización de cemento en una dosificación de 2% en la Av. Oquendo s/n ubicada geográficamente en el callao, esta obra ha sido ejecutada por la empresa PAVIMAQ S.A.C para la empresa Inmobiliaria Las Lomas de Oquendo S.A.C y consta de 2 calles, la auxiliar de la Av. Oquendo y parte de la calle G que serán pavimentos industriales en el ex fundo Oquendo callao.

Se realizó una serie de ensayos antes de la ejecución de la obra, procedimientos específicos durante la ejecución y control de las mismas, también se aplicaron ensayos para determinar el valor del CBR en los puntos analizados en campo, como primer paso para el inicio de esta obra el contratista y el cliente firman el contrato de obra para luego iniciar los trabajos de campo como lo es en primera instancia el levantamiento topográfico y replanteo de las calles en las cuales se realizara el mejoramiento de suelo con cemento, seguidamente se realizó los ensayos de clasificación de suelo para determinar las propiedades de la calle a intervenir siendo nuestra atención el valor del CBR encontrado para poder contrastarlo con el obtenido en la dosificación con un 2% de cemento, se realizó un corte de 1m desde el nivel de terreno natural la cual se dividirá en 75 cm de sustitución de suelo con material de préstamo, 20 cm de material de afirmado y 5 cm de material de asfalto, cabe indicar que realizamos ensayos de Proctor modificado para controlar la compactación que fue de cada 25 cm, teniendo como datos la M.D.S y el O.C.H del material, también realizamos finalmente ensayos de carga directa sobre cada capa compactada para obtener los CBR resultantes y corroborar el mejoramiento de este en su capacidad portante, así mismo cabe mencionar que me he basado en el manual de carreteras del MTC/2014.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la empresa

PAVIMAQ S.A.C es una empresa constructora con numero de R.U.C: 20544255623 y que planifica y ejecuta obras públicas y privadas, cuenta con 7 años de experiencia en el rubro de construcción de obras de pistas siendo una de sus principales productos el mejoramiento de suelos con cemento, es decir la estabilización de terrenos a pavimentar, así también cuenta con un staff de planificación, ejecución y control de calidad por cada proyecto que ejecuta, dentro de su estructura organizacional cuenta con sistema de gestión administrativa, de ingeniería y de calidad, como se puede apreciar en la ficha ruc de la empresa sus principal actividad económica son actividades de apoyo al transporte, también como actividad secundaria construcción de otras obras de ingeniería civil y alquiler de maquinarias pesadas.

Tabla 1

Datos de contribuyente

Datos del Contribuyente	
Nombre Comercial	-
Tipo de Representación	-
Actividad Económico Principal	5229 – Otras actividades de apoyo al transporte
Actividad Económico Secundaria 1	4290 – Construcción de otras obras de Ingeniería Civil
Actividad Económico Secundaria 2	7730 – Alquiler y arrendamiento de otros tipos de maquinaria, equipo y bienes tangible
Sistema Emisión Comprobante de pago	Manual
Sistema de Contabilidad	Computarizado
Código de Profesión / Oficio	-
Actividad de Comercio Exterior	Sin actividad
Numero Fax	-
Teléfono Fijo 1	1 - 5460333
Teléfono Fijo 2	-
Teléfono Móvil 1	1 - 99818276
Teléfono Móvil 2	-
Correo Electrónico 1	kaguilar@pavimaq.com

Fuente: SUNAT 2020

PAVIMAQ S.A.C es una empresa sólida en el mercado de movimiento de tierras, pavimentación y estabilización de suelos, actualmente la empresa cuenta con un gerente general como se puede apreciar en los datos oficiales de la SUNAT de los representantes legales de la empresa:

Tabla 1

Datos de empresa Pavimaq Sac

Tipo y numero de documento	Apellidos y nombres	Cargo	Fecha de nacimiento	Fecha desde	Nro. Orden de representación
Doc. Nacional de identidad 07886915	Kruger Peschiera German Aurelio	Gerente General	19/11/1974	05/07/2011	-
	Dirección Malecón de la reserva 245	Ubigeo Lima Lima Miraflores	Teléfono 15-	Correo -	
Otras Personas Vinculadas					
Tipo y numero de documento	Apellidos y nombres	Cargo	Fecha de nacimiento	Fecha desde	Porcentajes
Doc. Nacional de identidad 07886915	Kruger Peschiera German Aurelio	Socio	19/11/1974	05/07/2011	99.00
	Dirección Malecón de la reserva 245	Ubigeo Lima Lima Miraflores	Teléfono 15-	Correo -	
Tipo y numero de documento	Apellidos y nombres	Cargo	Fecha de nacimiento	Fecha desde	Porcentajes

Doc. Nacional de identidad 07268128	Lishner Huapaya Jose Antonio	Socio	12/03/1973	14/01/2014	1.00
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo	
	-	-	-	-	

Fuente: SUNAT 2020

PAVIMAQ S.A.C se ha desempeñado en muchas obras a lo largo de sus 7 años de constitución dentro de las más resaltantes tenemos las siguientes:

- Mejoramiento con suelo cemento en APM terminal almacenes-Villa el Salvador-2015
- Mejoramiento con suelo cemento en almacenes Cajamarquilla-huachipa-2017.
- Conformación y mejoramiento de terreno con suelo cemento en almacenes TPP-Callao-2017.
- Mejoramiento de terreno en local Otiura APM terminal-Callao-2018.
- Mejoramiento de terreno con suelo cemento en almacenes APM terminal-Callao-2018.
- Mejoramiento de plataformado para almacenes en Monte Azul-Ventanilla-2019.
- Mejoramiento de la vía auxiliar Oquendo con estabilización de suelos con cemento Callao-2019.

Misión:

PAVIMAQ S.A.C tiene la misión de complacer a sus clientes haciendo que sus objetivos se conviertan en los nuestros brindando rentabilidad, compromiso, ética, puntualidad y calidad en todos nuestros trabajos de construcción y alquiler de maquinaria pesada.

Visión:

PAVIMAQ S.A.C tiene la visión de convertirse en una de las empresas líderes a nivel nacional en cuanto al rubro de la pavimentación, mejoramiento de suelos y alquileres de maquinarias pesadas, es así que hoy en día pone a disposición de nuestros clientes el mejor staff de profesionales en ingeniería para poder satisfacer sus necesidades y expectativas haciendo que formemos parte de sus sueños y así crecer como empresa.

Valores principales:

Integridad, contamos con profesionales con ética, seriedad y confiabilidad.

Desarrollo Integral, nuestro compromiso con cada proyecto, el bienestar de nuestros colaboradores, calidad en nuestros servicios y producto final a satisfacción del cliente.

Excelencia, actualización e innovación capacitando constantemente a nuestros colaboradores con las nuevas tecnologías que sirven de herramienta para brindar una mejor calidad en nuestros trabajos.

Sostenibilidad, durante la ejecución de nuestros proyectos minimizando el uso de materiales contaminantes y aumentando el uso de recursos naturales como lo es el suelo de canteras formales, mejorando la calidad del suelo, conectando a la población a través de pistas y siendo amigable con el medio ambiente.

ANALISIS DE LA EMPRESA PAVIMAQ S.A.C MEDIANTE LA APLICACIÓN FODA

El termino FODA viene de las siglas en inglés (SWOT: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) y en español (FODA: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), de estas cuatro variables, tanto fortalezas como debilidades son internas de la empresa, por lo que es posible actuar en ellas de una forma directa.

PAVIMAQ S.A.C es una empresa con muchas fortalezas, pero también tiene debilidades a continuación, el análisis respectivo

Tabla 3

Matriz Foda

MATRIZ FODA			
		Positivos	Negativos
Internos	(Factores de la Empresa)	Fortaleza	Debilidades
Externos	(Factores del Ambiente)	Oportunidades	Amenazas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Matriz Foda de Pavimaq Sac

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
La empresa cumple con los contratos.	En el callao es una zona donde necesita estabilizar el suelo por su tipo.
Cuenta con maquinaria pesada propia.	Participación en los proyectos del gobierno regional y local.
La empresa brinda capacitación constante a sus ingenieros, topógrafos, colaboradores en general.	Accesibilidad de créditos con los bancos.
Existe experiencia, ética y buen ambiente de trabajo entre sus trabajadores.	Proveedores que nos suministran materiales de calidad (cemento, agregados).
Utilizan nuevas tecnologías para estabilización de suelos.	Reactivación de las obras a nivel nacional.
Precios competitivos en el mercado	Apoyo del gobierno con el proyecto.
DEBILIDADES	AMENAZAS
El plan estratégico de la empresa tiene debilidades por corregir.	Competencia desleal del mercado en las licitaciones.
Algunos empleados no conocen la misión y visión de la empresa.	Nuevas empresas que se dedican al mismo rubro saturando así el mercado.
Poca publicidad digital de la empresa (Facebook, pagina web, WhatsApp)	Paralizaciones de obra por agentes externos como sindicato de construcción, paro nacionales, etc.
Existen falencias en el proceso administrativo por corregir.	Fallas en las maquinarias pesadas por falta de mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia

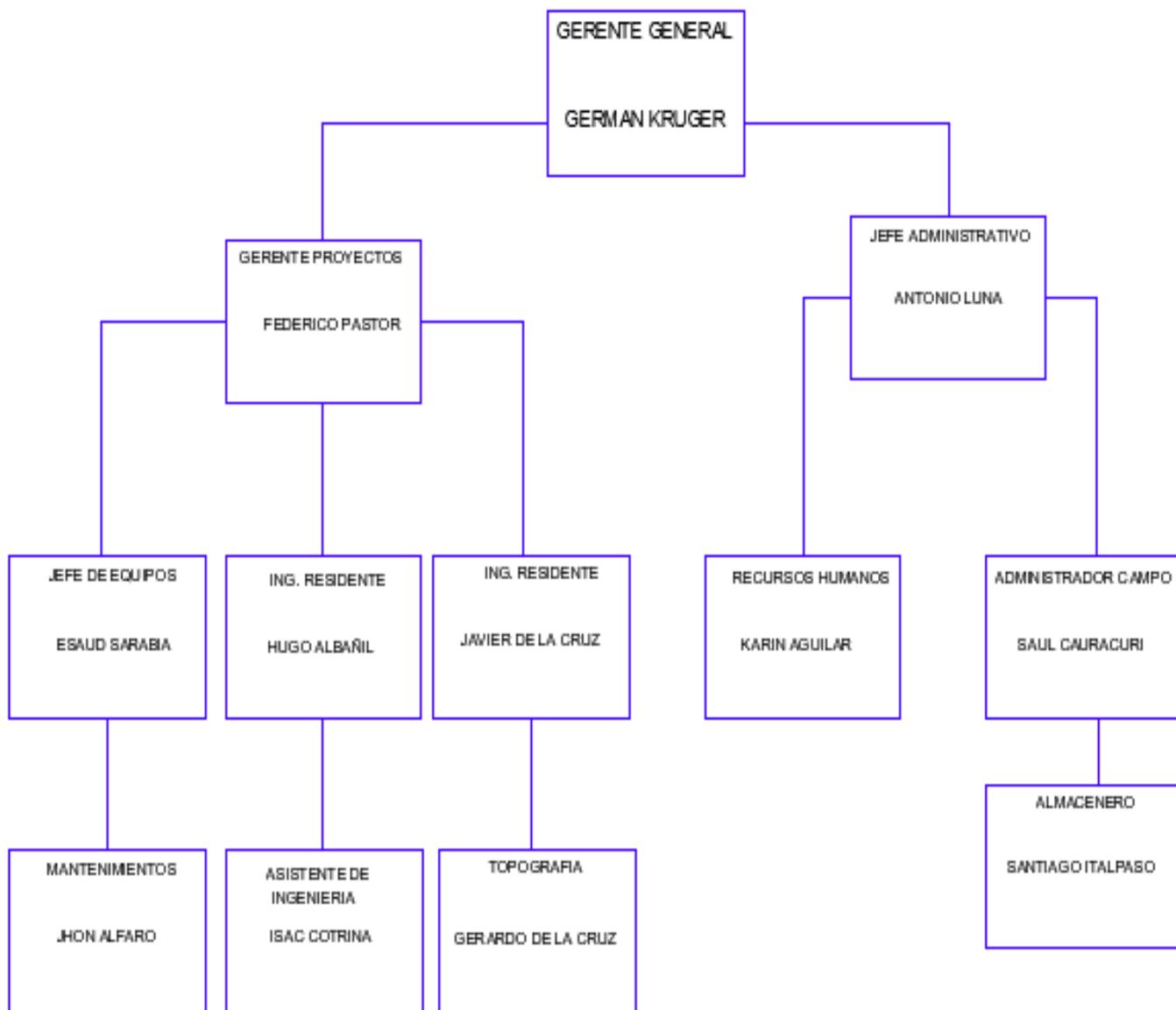


Figura 1. Organigrama de empresa PAVIMAQ S.A.C.

Fuente: Elaboración Propia.

1.2. Contextualización de la experiencia profesional

Mi experiencia profesional se inició a mediados del 2018 en donde termine la carrera de Ingeniería Civil y comencé a trabajar como asistente en Ingeniería y asumí mayor responsabilidad en las obras asignadas, es así que la empresa PAVIMAQ S.A.C tubo a su cargo la ejecución del proyecto mejoramiento de suelo con cemento con fines de pavimentación en la calle auxiliar de la Av. Oquendo en el distrito de Oquendo en el Callao, se adjudicó la obra mediante licitación privada con la inmobiliaria Las Lomas de Oquendo S.A.C, aquí se ha realizado el mejoramiento del suelo mediante estabilización con cemento en una dosificación del 2% según la clasificación de suelo y lo señalado en el cuadro 9.2 del manual de carreteras del MTC 2014, esta vía asfaltada beneficiara a los vecinos de las inmediaciones de la calle auxiliar a la Av. Oquendo y la calle G, el mejoramiento consta en líneas de generales de 1m de corte, 75cm de estabilización de suelo con cemento en un 2% con material de préstamo, 20cm de afirmado y 5cm de asfalto, a continuación algunas evidencias fotográficas del proceso constructivo:



Figura 2. Asentamiento en suelos natural de Av. Oquendo.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 3. Excavación en la Av. Oquendo.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 4. Escarificado en la Av. Oquendo.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 5: Evidencia fotográfica de la experiencia.
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6. Esparcimiento del cemento en la Av. Oquendo.
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 7. Ensavo de carga directa 1
Fuente: Elaboración Propia.

Según el (MTC, 2018) menciona que se deberá identificar para reducir los criterios lógicos y técnicos mal planteados en la construcción y pavimentación de carreteras es realizando un adecuado estudio de suelos para evitar las fallas geológicas, fisuras y hundimientos de terreno que se dan después de ser construidos.

Tabla 5

Vías departamentales pavimentadas

REGION	VIAS DEPARTAMENTALES PAVIMENTADAS (%)
Apurímac	0
Ayacucho	0
Huancavelica	0
Ucayali	0
Madre de Dios	1
Junín	2
Huánuco	2
Cusco	3
Amazonas	5
Puno	5
Cajamarca	5
Pasco	6
La Libertad	6
Ica	7
Lima	7
Moquegua	8
Ancash	14
Tacna	17
Loreto	25
Tumbes	27
Piura	29
Arequipa	31
San Martín	36
Lambayeque	40
Callao	100

Fuente: DGFC Provias 2015

Así mismo se sabe, según la (WEF) que la calidad de la infraestructura del Perú paso de 2.4 a 3.2. del 2008 al 2015. En carreteras también nos indica que mejoro de 2.6 a 3, sin embargo, aún existe y se evidencia una brecha significativa a pavimentar en las redes sub nacionales y vecinales a cargo de los gobiernos regionales y locales.



Figura 8. Curva de calidad de carreteras

Fuente: MTC 2018.

La idea del suelo-cemento no es nueva, parece ser que se utilizó por primera vez en 1917 en Inglaterra y a pesar del éxito obtenido no tuvo un desarrollo rápido. En Estados Unidos de Norteamérica se utilizó mucho el suelo-cemento en una gran escala en 1935. Canadá aportaba interesantes informaciones sobre materiales, construcción, conservación y costos constructivos y comportamientos de suelo-cemento. (Betancourt, Bello, 2016)

De igual manera, según Herrera, Sarita (2014), en su tesis “Efecto del cemento portland tipo 1, como estabilizante del material granular de la cantera el guitarrero para base de pavimentos rígidos”, evaluó el efecto del cemento portland, como estabilizante en las propiedades físicas mecánicas del material granular, obteniendo lo siguiente: “El cemento portland en 1% de adición en peso del material granular, aumenta la máxima densidad seca

en 0.45%, con 2% de adición, aumenta 1.36% y con 4% de adición aumenta en 2.27% de la máxima densidad seca”, el cemento portland en 1% de adición en peso del material, aumento el valor de CBR al 100% de la MDS en 219.89%, con 2% de adición aumenta en 532%, debido a ello no es útil adicionar cemento en mayores porcentaje”.

Los procesos de calidad en los suelos deben estar íntimamente relacionados con los problemas más frecuentes en los sitios, por ejemplo, en la presencia de suelos altamente cohesivos. Los suelos arcillosos representan un reto para los ingenieros civiles y geotécnicos de todo el mundo. En el proceso de selección de tipo de estructura de pavimentos (rígidos, flexibles, adoquinados, afirmados, etc.), a utilizar, en una determinada vía depende de diversos factores, como son: el clima, el tráfico, las características del suelo de fundación, la calidad de los materiales y los costos de construcción, mantenimiento y rehabilitación, otros factores, podrían ser la continuidad de una vía, y el desempeño de pavimentos similares en el área (Chang, 2012).

Como se sabe existen diversas formas de mejorar las propiedades de materiales de los componentes estructurales de pavimentos, entre ellas la incorporación de cemento en bases y sub bases, lo que se denomina materiales tratados, según el MTC (2014) “La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla” (p. 71). Con lo cual se busca conocer, que efecto tendría la incorporación de suelo cemento en componentes estructurales, para realizar un diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles, y analizarlos económicamente, según. Chang (2013) “los proyectos viales se desarrollan para condiciones locales muy particulares y se requiere de una evaluación técnico-económica para identificar el tipo de pavimento más conveniente” (p. 63).

Debido a esto es que se realizó este trabajo de suficiencia profesional que lleva por título: “mejoramiento de la capacidad portante en términos de CBR para suelos estabilizados con cemento en una dosificación de 2% en la calle auxiliar de la Av. Oquendo y la calle G en el callao, donde participe como asistente de ingeniería para los trabajos de estabilización de suelos, control de calidad y topografía, como se mencionó anteriormente la empresa ejecutora es PAVIMAQ S.A.C, donde el objetivo principal de este trabajo de investigación es demostrar la influencia que tiene el cemento como aditivo estabilizador en el suelo y que aumenta su capacidad portante en términos de CBR específicamente con una dosificación del 2% de cemento del peso específico del suelo trabajado.

1.3. Antecedentes

Es importante tener en cuenta la calidad de los suelos existentes, con la finalidad de poder conformar una subrasante resistente y duradera frente a la acción de las cargas que le transmita el tráfico y de las condiciones ambientales adversas que se puedan presentar. Esto es importante, ya que el comportamiento de la estructura de un pavimento está ligado directamente al comportamiento de la subrasante. (Velásquez, 2018).

buen tiempo atrás. En nuestro país, la estabilización de suelos con cemento se encuentra poco difundida, generalmente se opta por otras opciones de mejoramiento de los suelos de baja calidad que conforman las subrasante, tales como el reemplazo del suelo o el uso de productos geo sintéticos, por lo que proponemos en esta investigación un plan de calidad que permita el mejoramiento de suelos bajo el sistema suelo – cemento, siguiendo estándares de calidad internacional y secuencias lógicas, las cuales puedan dar mayor eficiencia a dicho mejoramiento, tanto técnica como económicamente.

Por otro lado, también se contó con la investigación de titulada “comparación técnico económica de las alternativas de pavimentación flexibles y rígida a nivel de costo de inversión”, realiza una comparación entre ambos diseños de pavimentos (rígido y flexible), llegando a las siguientes conclusiones, “los pavimentos (flexibles y rígidos) ambos tienden a incrementar espesores a medida que el tránsito aumenta o el suelo empeora”, “los pavimentos rígidos son menos susceptibles a los valores de CBR, pero se comportan bien, bajo condiciones estables de suelos de fundación”, en cuanto al análisis económico, que establece una comparación relativa de costo de inversión (construcción inicial) entre alternativas equivalentes de pavimento flexible y rígido se puede ver una variación entre ellos de +/- 20%”.

Los procesos de calidad en los suelos deben estar íntimamente relacionados con los problemas más frecuentes en los sitios, por ejemplo, en la presencia de suelos altamente cohesivos. Los suelos arcillosos representan un reto para los ingenieros civiles y geotécnicos de todo el mundo. En el proceso de selección de tipo de estructura de pavimentos (rígidos, flexibles, adoquinados, afirmados, etc.), a utilizar, en una determinada vía depende de diversos factores, como son: el clima, el tráfico, las características del suelo de fundación, la calidad de los materiales y los costos de construcción, mantenimiento y rehabilitación, otros factores, podrían ser la continuidad de una vía, y el desempeño de pavimentos similares en el área (Chang, 2012).

Como se sabe existen diversas formas de mejorar las propiedades de materiales de los componentes estructurales de pavimentos, entre ellas la incorporación de cemento en bases y sub bases, lo que se denomina materiales tratados, según el MTC (2014) “La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla” (p. 71). Con lo cual se busca conocer, que efecto tendría la incorporación de suelo cemento en componentes

estructurales, para realizar un diseño equivalente de pavimentos rígidos, segmentados y flexibles, y analizarlos económicamente, según. Chang (2013) “los proyectos viales se desarrollan para condiciones locales muy particulares y se requiere de una evaluación técnico-

No hay un plan de calidad exclusivo, pero existe una técnica de estabilización de suelos con cemento, la cual se ha aplicado en distintas partes del mundo y desde hace buen tiempo atrás. En nuestro país, la estabilización de suelos con cemento se encuentra poco difundida, generalmente se opta por otras opciones de mejoramiento de los suelos de baja calidad que conforman las subrasante, tales como el reemplazo del suelo o el uso de productos geo sintéticos, por lo que proponemos en esta investigación un plan de calidad que permita el mejoramiento de suelos bajo el sistema suelo – cemento, siguiendo estándares de calidad internacional y secuencias lógicas, las cuales puedan dar mayor eficiencia a dicho mejoramiento, tanto técnica como económicamente.

Pillpa, Ulises en su tesis “Estudio comparativo entre una pavimentación con concreto hidráulico y una pavimentación con piedra laja emboquillado con concreto en la zona urbana de Lircay”. Estudió la influencia de la pavimentación con concreto hidráulico y pavimentación con piedra laja emboquillado con concreto, la resistencia a la compresión debido al tránsito vehicular y la incidencia en la optimización del presupuesto del proyecto en la zona urbana, llegando a la conclusión de que el costo del pavimento con piedra laja emboquillado con concreto es mayor que el pavimento con concreto hidráulico, debido a que la piedra pasa por una serie de procesos para ubicarse en obra, siendo los cuales: selección y acopio, extracción, habilitado, carguío y transporte.

Según Condori, Anselmo (2016), en su tesis “Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geo-sintéticos”, evalúa el espesor de base y sub base de una carretera, con

la aplicación de geo sintéticos, para evaluar económicamente como estructuralmente, llegando a las siguientes conclusiones: “Se obtuvo una reducción de sub base de 75%, lo que conllevó a una optimización de costo de 22.15%”, “también se reduce el impacto ambiental, debido a la reducción de explotación de canteras, con un ahorro del 75.7%”.

Mestas y Chávez (2012), en su tesis “Comparación entre tratamiento superficial bicapa y asfalto en caliente, en la rehabilitación de la carretera Chacchaca – Yunguyo – Kasani” estudiaron los conceptos del tratamiento superficial bicapa y del método de asfalto en caliente, sus beneficios y ventajas, llegando a la conclusión de: “las emulsiones asfálticas no contaminan el medio ambiente, ya que no emiten gases tóxicos hacia la atmosfera”, “diseñar con un tratamiento superficial bicapa resulta un pavimento más económico que una carpeta asfáltica en caliente, siendo la diferencia que la superficie de rodadura en el tratamiento superficial bicapa presenta niveles de deformaciones superiores”.

Podemos utilizar las siguientes definiciones conceptuales y teorías pertinentes para proporcionar un adecuado sustento teórico que justifique el problema de investigación:

El Cemento Portland utilizado en los ensayos de mezcla, son cementos compuestos principalmente de silicatos de calcio, éstos fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, a esta reacción se denomina hidratación (Ampuero, p.53, 2012).

El suelo-cemento es un material elaborado a partir de la mezcla de suelo, cemento Portland y agua, la cual es dosificada, compactada y curada de modo de obtener un material endurecido que satisface ciertas propiedades. Con el agregado de cemento Portland se busca aumentar la resistencia y disminuir la deformabilidad, la permeabilidad y la sensibilidad al agua. Estas mejoras estructurales y de durabilidad crecen con el tiempo y con el incremento del porcentaje de cemento. El suelo-cemento se utiliza principalmente en la construcción de carreteras; también es utilizado como revestimiento impermeabilizante, en la estabilización

de taludes, estabilización de suelo de fundaciones, construcción de ladrillos, y otras aplicaciones menos frecuentes como el uso de construcciones de pisos en la que queremos incentivar su uso. (Serigos, 2009).

Se define el término suelo como una capa delgada de material sobre la corteza terrestre que proviene de la desintegración y alteración física, química o ambos, de las rocas y de los residuos producto de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan. Crespo (2004).

Según el MTC (2014), la finalidad del análisis granulométrico de un suelo es determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función del tamaño de sus partículas, a partir de los cuales se definen los términos grava, arena y material fino (limo y arcilla).

1.4. Realidad problemática

DESDE UN ENFOQUE NACIONAL

En el Perú, hay zonas donde muchas edificaciones son construcciones expuestas a suelos colapsables, las viviendas en suelos inestables con incapacidad de carga de suelo para soportar su estructura, obligando a tener que invertir fuertes sumas en estabilizar el suelo y/o colocar cimientos especiales, por lo que muchas veces, se toman riesgos y se construyen en zonas cuya capacidad portante del suelo no es apta para la edificación deseada, por lo que la calidad del suelo que conforma un emplazamiento de construcción es un factor muy importante para soportar una determinada estructura. (Cáceda, p.19, 2017)

En este trabajo de investigación se va a desarrollar como tema principal determinar el mejoramiento del CBR en 15 puntos de ensayo de carga directa al que se le ha adicionado un

diseño de mezcla de 2% de adición de cemento en proporción al volumen de suelo de préstamo para la calle auxiliar de la Av. Oquendo el cual será un pavimento industrial.

Como es de conocimiento nacional existe un manual de carreteras del MTC en su capítulo de mejoramiento de suelos recomienda mediante tablas la dosificación de cemento a utilizar para el tipo de suelo, es por ello indispensable realizar un correcto estudio de suelos para poder realizar un análisis e interpretación correcta del uso del cemento ya que dicho insumo es de fácil adquisición, pero de un costo significativo cuando se trata del uso en gran cantidad. La experiencia vivida a través de los años en los procedimientos de estabilización de suelos con la empresa Pavimaq s.a.c durante 7 años, me ha servido para fortalecer mis conocimientos en este tema, es por ello viendo la realidad problemática de esta obra el cual es mejorar la capacidad portante en términos de CBR para el suelo de la calle auxiliar de la Av. Oquendo para lo cual aplicaremos como solución un correcto diseño de adición de cemento de acuerdo a todos los datos que hemos obtenido de los ensayos de clasificación de suelos, así mismo de las herramientas del manual de carreteras del MTC que justamente se alimenta de los datos obtenidos en campo para poder calcular el porcentaje correcto de cemento, es así que daremos solución a la problemática del ex fundo Oquendo el cual necesita esta vía como uso de pavimento industrial, ya que sobre él circularán camiones de carga pesada, para llevar contenedor hacia la propiedad que se encuentra frente a la calle auxiliar de la Av. Oquendo que interseca con la calle G.

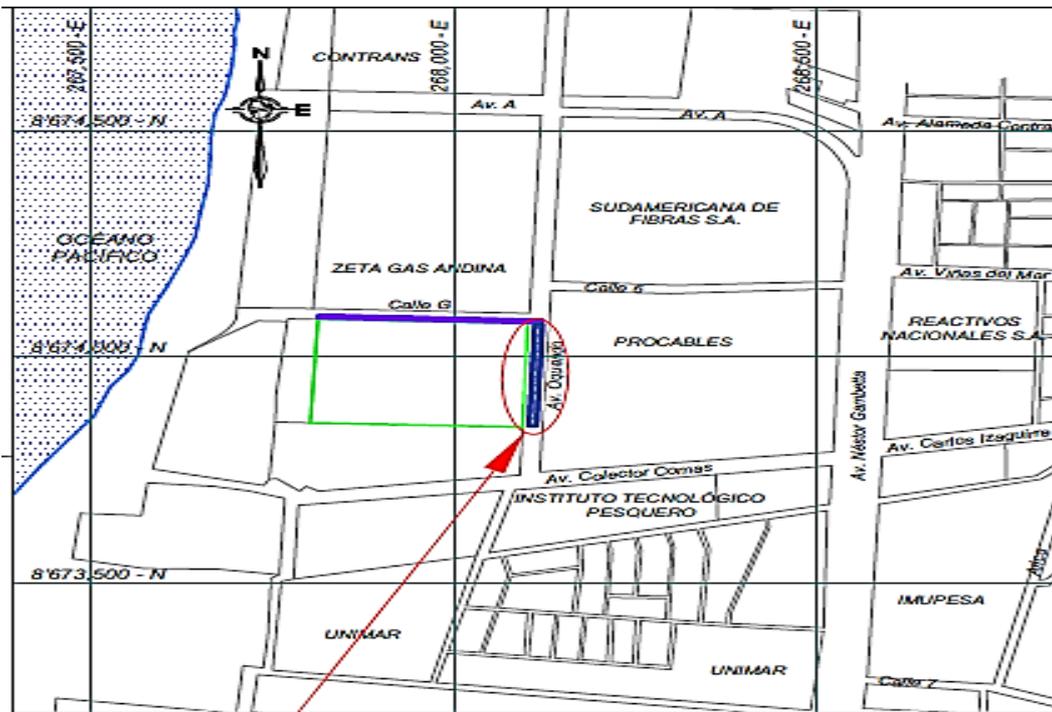


Figura 9. Ubicación de la Av. Oquendo.

Fuente: Elaboración Propia.

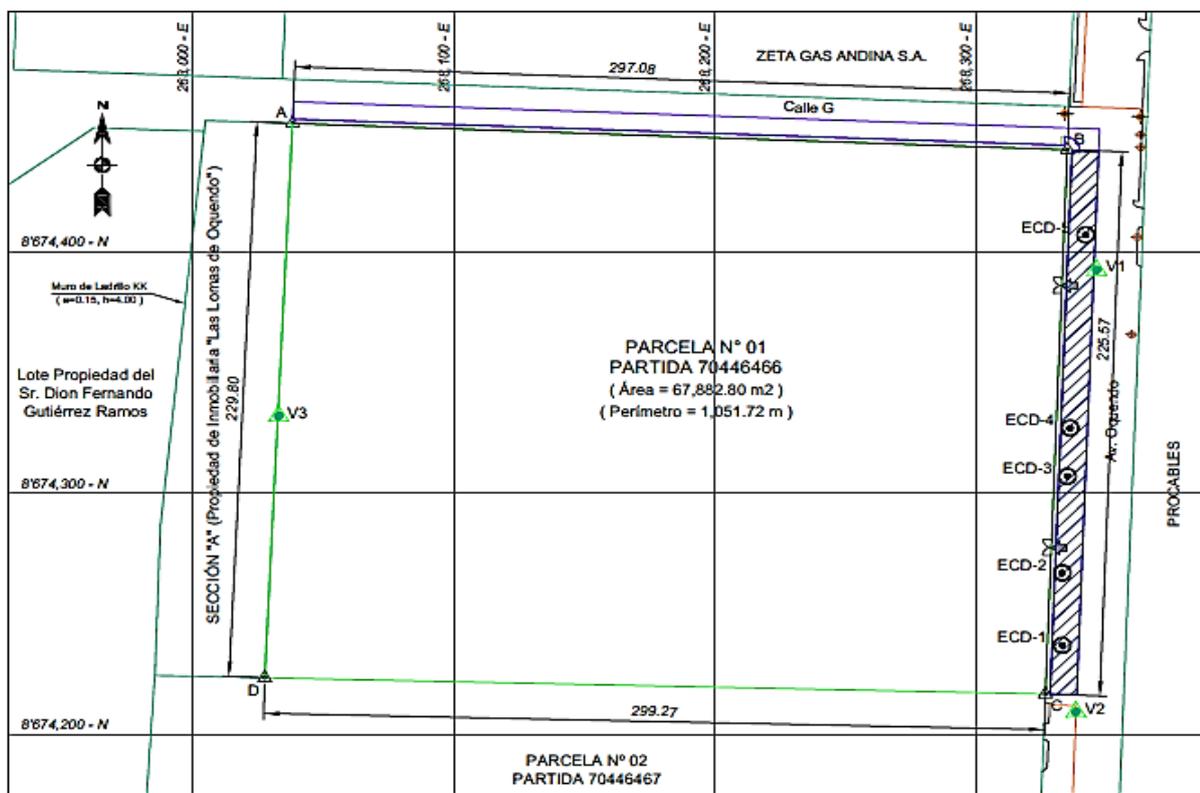


Figura 10. Ubicación del terreno a servir.

Fuente: Elaboración Propia.

Así mismo tener en cuenta que toda obra depende mucho de las tres elementos costo, tiempo y alcance, aunque ahora también tenemos una cuarta la cual es la calidad del procedimiento y del producto final, también ser conscientes que hoy en día la construcción en todo tipo de obras buscan terminar en el tiempo más corto una obra, no disminuyendo la calidad ni ampliando el alcance, todo ello en conjunto garantiza un costo menor de la obra así de esta manera ganar mayores utilidades, con lo cual es un plan estratégico que tiene la empresa Pavimaq s.a.c y del cual formo parte como colaborador, dicho todo esto para empezar a recabar datos para solucionar esta problemática es que se inician los trabajos de topografía para determinar los cortes según lo especificado en las tablas del manual de

carreteras del MTC que se alimentaran de los datos obtenidos en campo, también los ensayos de clasificación de suelos para poder determinar su posición en la tabla del MTC en cuanto a las dosificaciones recomendadas de cemento todo esto es en conjunto un aporte de mi experiencia como investigador para esta obra del mejoramiento de suelo con cemento para la calle auxiliar de la Av. Oquendo para uso de pavimento industrial.

Para su correcta aplicación se debe determinar en laboratorio la óptima combinación del agregado, el agua, el cemento y la energía de compactación. Los cuatro parámetros son de mucha importancia para garantizar el mínimo costo y un exitoso desempeño de la base estabilizada y del pavimento, lo que conlleva también la disminución del potencial de agrietamiento. Adicionalmente los procedimientos constructivos y de control de calidad son elementos fundamentales para lograr dichos objetivos (Arce, 2011, p. 1).

DESDE UN ENFOQUE INTERNACIONAL

En países como Colombia, el proceso de mejoramiento de suelos con cemento se ha normalizado con ayuda de varias entidades como el INVIAS con el artículo 350 de las especificaciones generales de construcción de carreteras en el cual establece el procedimiento constructivo y las características que debe tener el suelo antes de llevar a cabo el proceso de estabilización. También, el Departamento Nacional de Planeación (DNP)⁷ creó en el 2018 un proyecto tipo para el mejoramiento de 1km de vía terciaria en el cual explica el procedimiento que se debe seguir desde la toma de muestras en campo para determinar el diseño de mezcla, hasta la compactación y curado de la vía estabilizada, y en el Perú esta

práctica aún no está normalizada, no existiendo además una gestión o plan de calidad del mismo. (Departamento nacional de planeación de Colombia,2018)

A nivel internacional el uso de cemento como elemento estabilizador es cada vez más común ya que su costo/beneficio es mejor a comparación de la cal, materiales asfálticos, polímeros, etc. Es por ello que en este trabajo de suficiencia profesional hemos utilizado herramientas del manual de carreteras del MTC que se basan en las experiencias y estudios realizados internacionalmente y cada vez se va actualizando con nuevos datos complementarios que en nuestro caso en el capítulo de estabilización de suelos con cemento todo ello junto a mi experiencia como asistente de ingeniería en las obras de la empresa Pavimaq s.a.c para estabilización de suelos con cemento con fines de pavimentación, llevo más de 7 años en este rubro y a través del tiempo he aprendido el correcto procedimiento de la estabilización de suelos con cemento y nuevas técnicas que provienen justamente de la experiencia vivida.

1.5 Formulación del problema

1.5.1. Problema general.

¿Cómo se manifiesta el porcentaje de capacidad portante en términos de CBR con una adición de 2% de cemento en la estabilización del suelo en la Av. Oquendo, Callao?

1.5.2. Problemas específicos.

1. ¿En qué medida influye el valor del CBR en el suelo natural de la Av. Oquendo, Callao?

2. ¿Cómo determinar la dosificación correcta de cemento para la estabilización del suelo en la Av. Oquendo, Callao?
3. ¿En qué medida influye la adición de cemento para la estabilización de suelo en los 15 ensayos de carga directa en la Av. Oquendo, Callao?

1.6. Justificación

Para el caso de la **justificación teórica**, podemos recalcar que no existe estudio alguno de una gestión de calidad orientado al sistema suelo cemento, entonces la presente investigación es un plan de calidad para mejorar las propiedades del suelo utilizando el suelo – cemento, técnicamente eficiente ya que resulta ser una mezcla resistente y duradera; y económica, tomando lineamientos que homogeneicen los procedimientos a seguir, permitiendo una supervisión uniforme y controlada.

Como **justificación metodológica**, se afirma que en base al desarrollo de este plan de calidad esto se puede replicar en los distintos proyectos en la cual se utilice esta actividad y que sirva para llevar un control adecuando del mismo.

Asimismo, como **justificación científica**, se desea asegurar la calidad, siendo riguroso en los procesos de gestión de calidad a seguir utilizando los lineamientos de metodologías válidas, como el PMBOK 6ta ed.

1.7. Limitaciones

Dentro de las limitaciones podemos mencionar el desconocimiento de este método en nuestro país, por lo que es usado sin un sistema de calidad homogéneo y eficiente.

1.8. Objetivos

1.8.1. Objetivos general

Determinar el aumento de porcentaje de capacidad portante en términos de CBR para el suelo estabilizado con cemento en 2% en la Av. Oquendo, Callao.

1.8.2. Objetivos específicos.

1. Determinar la influencia del CBR en suelo natural de la Av. Oquendo, Callao.
2. Determinar la dosificación correcta de cemento para la estabilización de suelo en la Av. Oquendo, Callao.
3. Determinar la influencia que tiene el cemento en la estabilización de suelo en los 15 ensayos de carga directa en la Av. Oquendo, Callao.

CAPITULO 2. MARCO TEÒRICO

2.1. Bases teóricas

MODELO APLICADO Y DESARROLLADO EN LA EMPRESA PAVIMAQ S.A.C EN LA CALLE AUXILIAR DE LA AV. OQUENDO, CALLAO

Actualmente en el rubro de la construcción tenemos la fase de licitaciones de obras, en esta etapa las empresas concursantes compiten en los aspectos del triángulo costo, tiempo y alcance, aunque ahora ya se ha adicionado a estas tres una cuarta y es la calidad.

Para el desarrollo de este trabajo de suficiencia profesional basado en mi aporte y experiencia en esta obra, se utilizaron diversas metodologías en cuanto a la estabilización de suelos y modelos en cuanto al plan de calidad con el que se controla cada proyecto ejecutado por la empresa. También debemos entender que el entorno socio económico existen diversos tipos de fortalezas es por ello que a continuación aplicaremos las cinco fuerzas de Porter.

PAVIMAQ S.A.C para que pueda evaluar sus metas y recursos frente a estas cinco fuerzas competitivas que rigen la competencia del sector de la construcción.

Las fuentes de competencia es una fuerza que consiste en llegar a un nivel de preferencia con los clientes frente a otras empresas del mismo rubro, la rivalidad competitiva aumenta cuando los actos de un competidor son un reto para la empresa o cuando aquella observa una oportunidad para mejorar su posición en el mercado laboral, así tenemos:

El poder de negociación con los clientes es alto, ya que la empresa se maneja mayormente con una cartera de clientes del sector privado que ya conocen el estilo de trabajo de la empresa, contamos con precios unitarios competitivos, plan de seguridad, plan de

calidad, maquinarias modernas y mano de obra calificado por lo que los clientes se animan a trabajar con nosotros y así también ganamos nuevos clientes.

La rivalidad entre los competidores es alta, ya que el rubro de mejoramiento de suelo con cemento se está volviendo una práctica muy usual entre otras empresas que se dedican al movimiento de tierras y pavimentación, por lo que cada vez aumentan más empresas en las licitaciones privadas, algunas de ellas cambian de rubro para poder ganar este tipo de obras y bajan demasiado sus precios unitarios por lo que la competencia es dura, pero Pavimaq s.a.c ha sabido ganarse la confianza de sus clientes en base a experiencia y nuevas técnicas de construcción cuestión por la cual las empresas rivales tratan de imitar lo mismo.

La amenaza de productos o servicios sustituidos es alta, ya que la estabilización de suelos actualmente es en más cantidad con cemento, pero existen diferentes metodologías con la estabilización con cal, productos asfálticos y polímeros lo cual trata de sustituir la técnica más usada pero hay un punto importante y es el tema de lo económico, ya que es más rentable hacerlo con cemento y su más cercano perseguidor es la cal pero ya que se utiliza es más cantidad que el cemento pasa a una segunda opción debido a la diferencia de costo, es por ello que nuestra empresa trata de conservar sus clientes dándoles precios ajustados a la tendencia de cada año.

El poder de negociación de los proveedores es bajo, las grandes empresas constructoras aprovechan economía de escala, es decir buscan proveedores que puedan ajustarse a su flujo de caja ya que la mayoría de proyectos se valorizan en periodos quincenales durante la obra pero la llegada del pago normalmente es a 60 días calendario diferido a quincena, es así que los proveedores que cuenta la empresa deber tener liquidez

para poder soportar el tiempo de pago y así la cadena de suministro no se rompa y las obras se puedan ejecutar en el tiempo planificado.

La amenaza de nuevos competidores es alto, ya que como se mencionó en la amenaza de productos sustituidos es común ver como nuevas empresas se constituyen en Lima, pero hay pocas que logran mantenerse en el tiempo, Pavimaq s.a.c lleva 7 años en el mercado por lo que ha sabido posicionarse y adaptarse a los cambios del país, pero también está muy pendiente de las empresas que se forman y buscan obtener obras de mejoramiento de suelos y pavimentación, hay que tener en cuenta que para este tipo de obras los materiales de mayor cantidad es el cemento que es un material muy fácil de obtener, lo costoso a veces es la maquinaria pesada y ya que Pavimaq s.a.c cuenta con maquinarias propias lleva una cierta ventaja en cuanto a las empresa que alquilan.

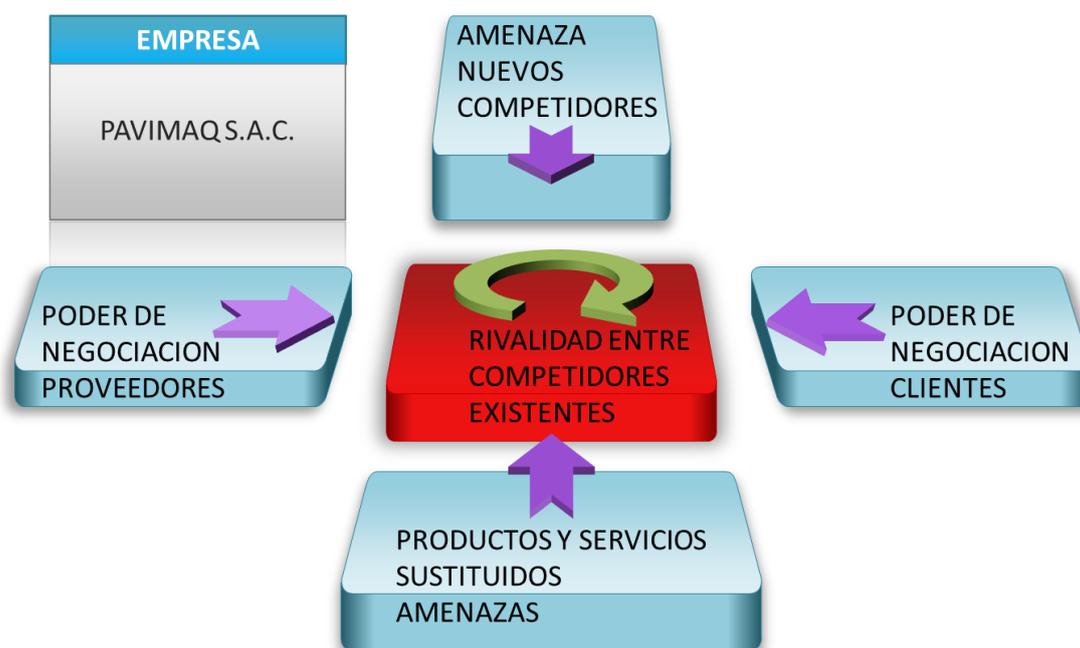


Figura 11. Esquema de Porter.

Fuente: Elaboración Propia.

Estabilización de Suelos Con Cemento

Generalidades

La estabilización de suelo con cemento mejora las características, físico mecánicas, el inicio de este tipo de actividad según Menéndez (2016) “La estabilización de suelo con cemento se inicia desde 1917, cuando Amies patenta un primer procedimiento de mejoramiento de suelos a base de mezclar proporciones variables de cemento tipo portland” (p. 16).

En teoría, se logra la estabilización de un material cuando al adicionar el cemento, el agua y la energía de compactación dicho material aumenta sus propiedades de resistencia mecánica, de plasticidad, y es estable ante los procesos de meteorización bajo las condiciones del clima a que están expuesto en el pavimento. Obviamente las cargas del tránsito inducirán un proceso de falla acorde con las leyes de fatiga que rigen estos materiales (Arce, 2011, p. 1).

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto. (MTC, 2014, p.71)

La acción estabilizadora del cemento consta de varias etapas, la primera de las cuales es la acción de la naturaleza fibrosa del silicato de calcio que se forma cuando los granos del

cemento entran en contacto con el agua. Debido a esta reacción, se forman masas de fibras minúsculas que se traban fuertemente unas con otras y con otros cuerpos (Menéndez, 2016, p. 16).

La solución formada por la mezcla cemento y agua reacciona con las partículas del suelo, reacción en la que los iones de calcio tienden a agrupar las partículas de suelos cargados negativamente produciéndose su floculación por acción de gravedad. Por último, si se compacta la mezcla, se produce una reacción del calcio con la sílice y alúmina de tamaños coloidales produciéndose complejos compuestos de silicatos y aluminatos que aumentan lentamente la resistencia de la mezcla. A esta acción se la llama puzolánica (Menéndez, 2016, p. 16).

El cemento se puede incorporar al material de base para mejorar propiedades como: la resistencia mecánica, la resistencia a las condiciones del clima (especialmente ante altos índices de saturación), los indicadores de plasticidad o la degradabilidad (meteorabilidad) de los agregados; además permite el reciclado del pavimento existentes severamente deteriorados, así como el uso de materiales que no cumplen con las especificaciones técnicas para base granular. Esto es especialmente importante en zonas donde no se cuenta con buenas fuentes de agregados (Arce, 2011, p. 1).

Mezcla

Las reacciones de la pasta de agua-cemento con el suelo son de naturaleza físico-químico, la reacción química producida es función de las características de los agentes químicos que existen en la mezcla, de sus concentraciones, tiempo, tipo de agua, tipo de cemento, curado y de los aditivos usado (De la Fuente, 2013, p. 25).

La reacción del cemento con la arcilla no se puede considerar como la reacción de un cementante con un material inerte. La arcilla reacciona y cambia durante el proceso. Así se ha encontrado que la mezcla con cemento altera la estructura interna de los minerales arcillosos (De la Fuente, 2013, p. 25).

Según Menéndez (2016) “La mezcla se debe de diseñar mediante el método de la Asociación del Cemento Portland (PCA, 1992). Como parámetros de diseño, se tomarán los ensayos de resistencia a compresión simple y humedecimiento-secado (normas MTC E1103 y MTC E 1104)” (p. 16).

Tabla 6

Porcentaje de cemento por tipo de suelo.

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3-5.
A-1-b	5-8.
A-2	5-9.
A-3	7-11.
A-4	7-12.
A-5	8-13.
A-6	9-15.
A-7	10-16.

Fuente: EG-2013

Propiedades

Resistencia a la compresión simple

Acerca de los valores que alcanzan normalmente, en primer término conviene aclarar que en la literatura se presentan los valores usuales obtenidos por los distintos organismos o investigadores, con una amplia dispersión del promedio general; lo anterior tiene una explicación sencilla y es que los valores promedios de la resistencia a la compresión simple de probetas de suelos tratados con cemento son función principalmente del diseño utilizado y,

por lo tanto, serán diferentes, según sea, la preferencia del diseñador. Por esta razón, en los resultados de ensayos realizados en muestras saturadas a los 28 días, la Portland Cement Association de los E.U.A reporta valores promedios que varían entre 30 a 65 Kg/cm² para el diseño de pavimentos, debido a que de antemano se especifica para obtener valores comparativamente bajos. En cambio, en Inglaterra y Alemania, donde en general se diseña para obtener mayores resistencias, los valores que se obtienen son más altos, casi similares a los de concreto pobres, alcanzándose resistencia hasta de 150 Kg/cm² a los 28 días (De la Fuente, 2013, p. 28).

Al respecto el EG (2013), menciona: “la mezcla se debe diseñar mediante el método de la Portland Cement Association (PCA), como parámetro de diseño se tomarán los ensayos de resistencia a compresión simple y humedecimiento-secado. En el primero de ellos, se deberá garantizar una resistencia mínima de 1,8 MPa, luego de 7 días de curado húmedo” (p.250)

Valor relativo de soporte

Los intentos para ligar el proporcionamiento de la mezcla con el valor relativo de soporte (CBR), no llevaron a resultados concluyentes porque es usual que cualquier suelo-cemento y sobre todo los que contienen suelos granulares gruesos, alcancen sistemáticamente valores tan altos del C.B.R. que su interpretación sea poco confiable (De la Fuente, 2013).

Tabla 7

Propiedades comúnmente exigidas a las mezclas de suelo-cemento.

Tipo de capa	Resistencia a la compresión simple(kg/cm ²)	CBR(%)	Expansión (1)%	Perdidas de peso de P.Humed y sec(2)
Sub-bases. Material de relleno para trinchera	3.5-10.5	20-80	27	
Sub-bases o bases para transito muy ligero	7.0-14.0	50-150	2	10

Bases para tráfico intenso	14.0-56.0	200-600	2	14
Protecciones de terraplenes contra erosión y acción del agua	56	600	2	14

Fuente: (De la Fuente, 2013).

Tabla 8

Técnicas de investigación en campo.

Norma	Denominación
MTC E 101-2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
NTP 339.143:1999	Suelos. Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in- situ mediante el método del cono de arena
NTP 339.144:1999	Suelos. Método de ensayo estándar para la densidad in-situ de suelos y suelo - agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial)
NTP 339.250:2002	Suelos. Método de ensayo para la determinación en campo del contenido de humedad, por el método de presión del gas carburo de calcio la ed.
NTP 339.150:2001	Suelos. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual
NTP 339.161:2001	Suelos. Practica para la investigación y muestreo de suelos por perforación con barrena.
NTP 339.169:2002	Suelos Muestreo geotécnico de suelos con tubos de pared delgada
NTP 339.172:2002	Suelos. Método de prueba normalizada para el contenido de humedad de suelo y roca in situ por métodos nucleares (poca profundidad)
NTP 330.175:2002	Suelos. Método de ensayo normalizado in situ para CBR. (California Bearing Ratio- Relación del calor de soporte) de suelos
ASTM D 6951	Método estándar de ensayo para el uso de penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones superficiales de pavimentos.

Fuente: CE 010, 2010

Según la Norma CE 010 los ensayos requeridos son:

Tabla 9

Ensayos de laboratorio aplicables.

Norma	Denominación
NTP 339.125:1998	Suelos. Método para la reducción de las muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo
NTP 339.127:1998	Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP 339.128:1999	Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico
NTP 339.129:1999	Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.
NTP 339.132:1999	Suelos. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz 75 (N 200)
NTP 339.134:1999	Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (SUCS Sistema unificado de clasificación de suelos)
NTP 339.135:1999	Suelos. Método para la clasificación de suelos para el uso de vías de transporte
NTP 339.141:1999	Suelos. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada 2700 KN-m/m ³ (56000 pie-ibf/pie ³)
NTP 339.142:1999	Suelos. Método de ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía estándar (600KN -m/m ³ (12400 pie-ibf/pie ³))
NTP 339.144:1999	Suelos. Método de ensayos estándar para la densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial)
NTP 339.145:1999	Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.146:2000	Suelos. Método de ensayo estándar para el valor de equivalente de arena de suelos y agregado fino

Fuente: CE 010, 2010

Propiedades Físicas

En cuanto a los ensayos considerados, se puede realizar una breve explicación de los ensayos y los objetivos de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden

a aquellos que determinan las propiedades índices de los suelos y que permiten su clasificación.

Propiedades Mecánicas

Los ensayos para definir las propiedades mecánicas, permiten determinar la resistencia de los suelos o comportamiento frente a las solicitaciones de carga, las calidades de los materiales deben regirse según lo indicado en la tabla 5.

Tabla 10

Ensayos de mecánica de suelos.

ENSAYOS	ASTM	AASHTO	MTC	PROPOSITO DE ENSAYO
Contenido de humedad	D-2216	-----	-----	Determinar el contenido de humedad
Análisis granulométrico por tamizado	D.422	T-88	E-107	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Limite liquido	D-4318	T-89	E-110	Determinar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
Limite plástico	D-4318	T-90	E-111	Determinar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
Proctor modificado	D-1557	T-180	E-115	Determinar la máxima densidad seca y al optimo contenido de humedad
C.B.R (Valor relativo de soporte)	D-1883	T-193	E-132	Determinar la capacidad de carga
Abrasión de los Ángeles	C-131	T-96	E-207	Determinar la resistencia al desgaste de los agregados naturales empleando la máquina de los Ángeles con una carga abrasiva
Equivalente de arena	D-2419	-----	-----	Determinar el polvo fino o arcilloso
Porcentaje de caras fracturadas			E-210	Este método de ensayo abarca la determinación del porcentaje, en masa o cantidad, de una muestra agregado grueso que contiene partículas fracturadas
Porcentaje de partículas chatas alargadas			E-223	Este método de ensayo abarca la determinación de partículas chatas alargadas

Fuente: EG, 2014

Ensayos de laboratorio

Los ensayos se realizarán de acuerdo al manual CE.010 Pavimentos Urbanos, se pueden apreciar en la tabla 4.

Requerimiento de base y sub base granular

Sub base Granular

Los materiales para la construcción de la sub base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en la tabla 6.

Tabla 11

Gradación en Sub bases granulares.

Tamiz	Gradación A (1)	Porcentaje que pasa en Peso		
		Gradación B	Gradación n C	Gradación D
50 min (2")	100	100	-	-
25 min (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 dm (N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: EG, 2013

Tabla 12

Requisitos de materiales para sub base.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				<3000 msnm	>3000 msnm
Abrasión los Ángeles	MTC E207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E132	D 1883	T 193	40 % min.	40 % min.
Limite Liquido	MTC E110	D 4318	T 89	25 % más.	25 % máx.
Índice de Plasticidad	MTC E111	D 4318	T 90	6 % máx.	4 % máx.
Equivalente de Arena	MTC E114	D 2419	T 176	25 % min.	35 % min.
Sales Solubles	MTC E219	-	-	1 % máx.	1 % máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-	D 4791	-	20 % máx.	20 % máx.

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

Fuente : EG , 2013

Base Granular

Los materiales para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en las especificaciones generales (EG -2013).

Tabla 13

Gradación de base granular.

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 min (2")	100	100	-	-
25 min (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm(N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: EG, 2013

Tabla 14

Valor relativo de soporte de base granular.

Valor relativo de soporte. CBR (1)	Trafico de ejes equivalente ($<10^6$)	Min 80%
	Trafico de ejes equivalente ($<10^6$)	Min 100%

Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1"(2.5 mm).

Fuente: EG -2013

Tabla 15

Requisito de materiales de agregado grueso en base granular.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				<3000 msnm	>3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80 % min.	80 % min.
Partículas con dos caras fracturada	MTC E 210	D 5821		40 % min.	50 % min
Abrasión los ángulos	MTC E 207	D 131	T 96	40 % máx.	40 % máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-	D 4791		15 % máx.	15 % máx.
Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		0.5 % máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: EG – 2013

Tabla 16

Requisito de materiales de agregado fino en base granular.

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento	
		<3000 msnm	>3000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4 % máx.	2% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	35 % min.	45 % min.
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx.	0.5 % máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209		15 % máx.

Fuente: EG – 2013

Plan de calidad

Documento que especifica qué procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo deben aplicarse a un proyecto, producto, proceso o contrato específico.

Una vez que la organización ha decidido desarrollar un plan de calidad, ésta debería identificar las entradas y el alcance del plan de la calidad. Aspectos a tener en cuenta en la preparación del plan de la calidad son:

- Identificar a la persona responsable de la preparación del plan de la calidad.
- Documentación del plan de la calidad.
- Responsabilidades.
- Coherencia y compatibilidad del contenido y formato con el alcance, los elementos de entrada y las necesidades de los usuarios previstos.

Presentación y estructura.

Hay varias situaciones en que los planes de la calidad pueden ser útiles o necesarios, por ejemplo:

- Mostrar cómo el sistema de gestión de la calidad de la organización se aplica a un caso específico;
- Cumplir con los requisitos legales, reglamentarios o del cliente;
- En el desarrollo y validación de nuevos productos o procesos;
- Demostrar, interna y/o externamente, cómo se cumplirá con los requisitos de calidad;

- Organizar y gestionar actividades para cumplir los requisitos de calidad y objetivos de la calidad;
- Optimizar el uso de recursos para el cumplimiento de los objetivos de la calidad;
- Minimizar el riesgo de no cumplir los requisitos de calidad;
- Utilizarlos como base para dar seguimiento y evaluar el cumplimiento de los requisitos para la calidad;
- En ausencia de un sistema de la gestión de calidad documentado.

Sistema de Gestión de Calidad (SGC)

Es el resultado de las acciones que realizan las empresas para mejorar todos sus procesos. No se trata de un modelo aislado, sino que obedece a un modelo estratégico e integrado en todas las etapas de la organización.



Figura 12: Sistema de gestión de calidad.

Fuente: ISO 9001-2015

Procedimiento De Diseño Método AASHTO 1993

Cálculo de tráfico para el periodo de diseño

“El tráfico es uno de los factores más relevantes en el diseño de pavimentos. Su correcta determinación depende de muchos factores que pueden conducir a una estimación inadecuada del mismo” (Menéndez, 2013, p. 252). El manual MTC (2014) Para el tráfico de diseño de pavimentos flexibles, se definen tres categorías:

a) Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150001 hasta 1000000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Tabla 17

Numero de repeticiones de ejes equivalentes.

Tipos de Tráficos pesado Expresado en EE	Rangos de tráfico pesado Expresado en EE
Tp1	>150000 EE <= 300000 EE
Tp2	>300000 EE <=500000 EE
Tp3	>500000 EE <=750000 EE
Tp4	>750000 EE <=1000000 EE

Fuente: MTC 2014

b) Caminos que tienen un tránsito de 1000001 EE hasta 30000000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Tabla 18

Numero de ejes equivalentes 2da parte.

Tipos Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de tráfico pesado Expresado en EE
Tp5	>1000000 EE <= 1500000 EE
Tp6	>1500000 EE <=3000000 EE
Tp7	>3000000 EE <=5000000 EE
Tp8	>5000000 EE <=7500000 EE
Tp9	>7500000 EE <=10000000 EE
Tp10	>10000000 EE <=12500000 EE
Tp11	<12500000 EE <=15000000 EE
Tp12	>15000000 EE <=20000000 EE
Tp13	>20000000 EE <=25000000 EE
Tp14	>25000000 EE <=30000000 EE

Fuente: MTC 2014

c) Caminos que tienen un tránsito mayor a 30000000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Esta categoría de caminos, no están incluidas en el manual del MTC (2014)

Tabla 19

Numero de ejes equivalentes 3era parte.

Tipos Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de tráfico Pesado Expresado en EE
Tp1	>30000000 EE

Fuente: MTC 2014.

Características de las subrasantes

Ante la ausencia de equipos, o de tiempo para la ejecución de ensayos de módulo de resiliencia, se utilizan ecuaciones de correlación entre los valores de CBR y Mr para obtener el valor requerido en el diseño de pavimentos. (Chang, 2012)

$$MR(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

Donde:

CBR: Valor Relativo de Soporte (%)

El manual MTC (2014) clasifica a los suelos según su capacidad de soporte CBR en 6 categorías:

Tabla 20

Categoría de Sub rasante.

Categoría de Sub rasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S2 Subrasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10 %
S3: Subrasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR 20%
S4: Subrasante muy buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Extraordinaria	CBR \geq 30 %

Fuente: MTC 2014

Confiabilidad

“El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad, que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitudes diferentes a las esperadas, como calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil de un pavimento” (MTC, 2014).

Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal

El coeficiente de Desviación estándar normal (Z_r) representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Tabla 21

Nivel de confiabilidad recomendado.

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes	Acumulados	Nivel de confiabilidad
Caminos de bajo volumen de transito	TP0	100000	150000	65.00%
	TP1	150001	300000	70.00%
	TP2	300001	500000	75.00%
	TP3	500001	750000	80.00%
	TP4	750001	1000000	80.00%
	TP5	1000001	1500000	85.00%
	TP6	1500001	3000000	85.00%
	TP7	3000001	5000000	85.00%
	TP8	7500001	7500000	90.00%
	TP9	10000001	10000000	90.00%
	TP10	12500001	12500000	90.00%
Resto de caminos	TP11	15000001	15000000	90.00%
	TP12	20000001	20000000	95.00%
	TP13	20000001	25000000	95.00%
	TP14	25000001	30000000	95.00%
	TP15	>30000000		

Fuente: MTC 2014.

Tabla 22

Desviación estándar normal recomendado.

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes	Acumulados	Nivel Estándar normal
Caminos de bajo volumen de transito	TP0	100000	150000	-0.385%
	TP1	150001	300000	-0.524%
	TP2	300001	500000	-0.674%
	TP3	500001	750000	-0.842%
	TP4	750001	1000000	-0.842%
	TP5	1000001	1500000	-1.036%
	TP6	1500001	3000000	-1.036%
	TP7	3000001	5000000	-1.036%
	TP8	7500001	7500000	-1.282%
	TP9	10000001	10000000	-1.282%
	TP10	12500001	12500000	-1.282%
Resto de caminos	TP11	15000001	15000000	-1.282%
	TP12	20000001	20000000	-1.645%
	TP13	20000001	25000000	-1.645%
	TP14	25000001	30000000	-1.645%
	TP15	>30000000		-1.645%

Fuente : MTC 2014

Desviación estándar combinada

“La desviación estándar combinada (S_0), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo etc”. (Menéndez, 2013, p.78)

Según el MTC-2014 Considera $S_0=0.45$

Índice de serviciabilidad inicial

La serviciabilidad inicial, es la condición de una vía recientemente construida.

Tabla 23

Índice de serviciabilidad inicial recomendado.

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes	Acumulados	Nivel Serviciabilidad inicial
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150001	300000	3.80
	TP2	300001	500000	3.80
	TP3	500001	750000	3.80
	TP4	750001	1000000	3.80
	TP5	1000001	1500000	4.00
	TP6	1500001	3000000	4.00
	TP7	3000001	5000000	4.00
	TP8	7500001	7500000	4.00
	TP9	10000001	10000000	4.00
	TP10	12500001	12500000	4.00
Resto de caminos	TP11	15000001	15000000	4.00
	TP12	20000001	20000000	4.20
	TP13	20000001	25000000	4.20
	TP14	25000001	30000000	4.20
	TP15		>30000000	4.20

Fuente: MTC 2014

Índice de serviciabilidad final

La serviciabilidad terminal es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

Tabla 24

Índice de serviciabilidad final recomendado.

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes	Acumulados	Nivel Serviciabilidad final
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150001	300000	2.00
	TP2	300001	500000	2.00
	TP3	500001	750000	2.00
	TP4	750001	1000000	2.00
	TP5	1000001	1500000	2.50
	TP6	1500001	3000000	2.50
	TP7	3000001	5000000	2.50
	TP8	7500001	7500000	2.50
	TP9	10000001	10000000	2.50
	TP10	12500001	12500000	2.50
Resto de caminos	TP11	15000001	15000000	2.50
	TP12	20000001	20000000	3.00
	TP13	20000001	25000000	3.00
	TP14	25000001	30000000	3.00
	TP15		>30000000	3.00

Fuente: MTC 2014

Diferencia de Serviciabilidad

Es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y terminal asumida para el proyecto en desarrollo.

Tabla 25

Diferencia de serviciabilidad.

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes	Acumulados	Diferencia de serviciabilidad
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150001	300000	1.80
	TP2	300001	500000	1.80
	TP3	500001	750000	1.80
	TP4	750001	1000000	1.80
	TP5	1000001	1500000	1.50
	TP6	1500001	3000000	1.50
	TP7	3000001	5000000	1.50
	TP8	7500001	7500000	1.50
	TP9	10000001	10000000	1.50
	TP10	12500001	12500000	1.50
Resto de caminos	TP11	15000001	15000000	1.50
	TP12	20000001	20000000	1.20
	TP13	20000001	25000000	1.20
	TP14	25000001	30000000	1.20
	TP15	>30000000		1.20

Fuente: MTC 2014

Número estructural requerido

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el número estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo construirán.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN+1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Figura 13. Ecuación AASHTO numero estructural.

Fuente: MTC 2014

Donde:

W18: Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 ton.

ZR: Desviación estándar normal.

So: Error estándar combinado de la predicción de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.

PSI: Diferencia entre el índice de servicio inicial e índice de servicio final.

MR: Modulo Resiliente.

SN: Numero Estructural.

“Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. Se debe realizar un análisis de comportamiento de las alternativas de estructuras de pavimentos seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presenta los mejores valores de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación al tránsito que debe soportar la calzada”. (Menéndez, 2013, p.81)

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Figura 14. Ecuación numero estructural

Fuente: MTC 2014

Donde:

ai: Coeficiente de capa.

mi: Coeficiente de drenaje

Di: Espesor de capa.

Coeficiente de Drenaje

“El coeficiente de drenaje es la relación que existe entre el módulo resiliente en una condición de humedad optima con respecto al módulo para una cierta condición de humedad.

El valor 1.0 que las condiciones de drenaje son similares a las de la pista de pruebas de AASHTO, mientras que valores por encima de 1.0 se trata de condiciones mejores que las obtenidas durante la pista de prueba” (Menéndez, 2013, p. 80)

Tabla 26

Valores recomendados del coeficiente de drenaje.

Calidad del drenaje	P= % Del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a saturación			
	Menor que 1%	1%-5%	5%-25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: MTC 2014

Tabla 27

Calidad de drenaje.

Calidad del drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no evacua

Fuente: MTC 2014

Diseño De Pavimentos Rígidos

El hormigón se emplea hace más de un siglo, su primera aplicación tuvo lugar en algunas arterias urbanas de ciudades europeas, pasando después a los Estados Unidos donde en 1909 se construye la primera carretera con pavimento rígido para vehículos automóviles en Wayne County (Michigan). En este país se desarrolla rápidamente la tecnología, con estudios, ensayos de laboratorio y tramos de ensayo a escala natural (Montejo, 2012, p. 319).

Los pavimentos de concreto, se le denomina rígido, debido a la naturaleza de la losa de concreto. Debido a su naturaleza rígida, la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la subrasante (MTC, 2014, p. 150).

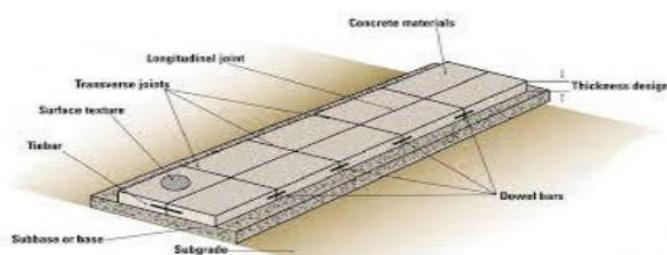


Figura 15. Característica de un pavimento de concreto con juntas.

Fuente: Menéndez 2013.

Un pavimento rígido está compuesto típicamente por una losa de concreto hidráulico y una base granular. La losa de concreto hidráulico constituye el mayor soporte estructural del pavimento. Los pavimentos rígidos se diseñan usualmente para una vida en servicio de 40 a 50 años con un mantenimiento mínimo. Hay diversos tipos de pavimento rígido: pavimento de concreto armado continuo, pavimento de hormigón con juntas simples, pavimento de concreto armado con dowells, y pavimento de concreto post-tensado entre otros (Chang, 2012, p. 51).

Según el MTC (2014) “los pavimentos de concreto con juntas son los que mejor se aplican a la realidad nacional debido a su buen desempeño y a los periodos de diseño que usualmente se emplean” (p.150).

Metodología De Diseño AASHTO 93

El método AASHTO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final que se debe mantener al concluir el periodo de diseño (MTC, 2014, p. 150).

La guía de diseño para pavimentos rígidos fue desarrollada al mismo tiempo que para los pavimentos flexibles, y fue publicado en el mismo manual. El diseño está basado en ecuaciones empíricas obtenidas del ensayo de carreteras de la AASHO con algunas modificaciones posteriores basadas en teoría y experiencia (Menéndez, 2013, p. 117).

Donde se propone la siguiente ecuación para determinar el espesor de la losa de concreto.

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_i) \log \left[\frac{S_e C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c / k)^{0.25}} \right]} \right]$$

Figura 16. Ecuación para determinar espesor de losa.

Fuente: MTC 2014

Donde:

W18: Numero previsto de ejes equivalentes

Zr: desviación normal estándar

S0: error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D: espesor del pavimento de concreto

PSI: diferencia entre los índices de servicio inicial y final

Pt: Índice de serviciabilidad o servicio final

S'c: resistencia media del concreto a flexo tracción

Cd: Coeficiente de drenaje

J: coeficiente de transmisión desde carga en las juntas

Ec: módulo de elasticidad del concreto

K: módulo de reacción compuesto de la sub rasante.

Es básico referenciar con mayor claridad los siguientes conceptos, para el mejor entendimiento del procedimiento propuesto:

Diseño De Pavimentos Flexibles

Un pavimento flexible está compuesto típicamente por una carpeta asfáltica, base, y sub base granular, los pavimentos flexibles se diseñan usualmente para una vida en servicio de 20 a 30 años considerando mantenimiento periódico anual. Los pavimentos flexibles son frecuentemente modelados y analizados como un sistema multicapa sometidos a cargas. Cada capa que conforma el pavimento contribuye al soporte al soporte estructural y drenaje del pavimento, siendo la carpeta asfáltica la de mayor aporte estructural, sin embargo, el desempeño exitoso de la estructura del pavimento depende en gran medida del adecuado

soporte estructural que le brindan las capas inferiores y del mantenimiento que reciba durante su vida en servicio (Chang, 2012, p. 50)

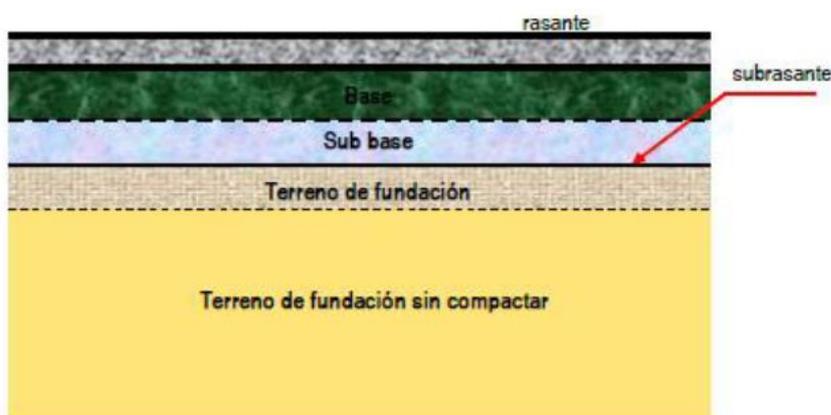


Figura 17. Sección típica de pavimento flexible.

Fuente: Minaya & Ordoñez - 2006

Método AASHTO 1993

El procedimiento adoptado es el AASHTO 93, que está basado en los resultados de la pista de prueba de AASHTO llevada a cabo en Ottawa, a finales de 1950.

Se debe tener en cuenta que las ecuaciones originales fueron desarrolladas bajo determinados escenarios climáticos. (Menéndez, 2013, p76)

El propósito del modelo es el cálculo del número estructural requerido (SN_r), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto. (MTC, 2014, p.87)

Procedimiento De Diseño

Cálculo de tráfico para el periodo de diseño

El tráfico se expresa en repeticiones de ejes equivalentes denominados por el MTC como EE, ya descritos en la sección de tráfico de pavimentos flexibles.

Características de las subrasantes

El dato de entrada para el suelo de fundación es el módulo resiliente M_r , este valor luego es transformado en el módulo de reacción de la subrasante, tomando en cuenta la variación a través del año, este valor luego es corregido por la presencia de la sub base y por la presencia de lecho rocoso en caso que este se encuentre a una profundidad menor a 3 metros (Menéndez, 2013, p. 119).

Índice de Serviciabilidad

Es el grado de comodidad que la vía brinda al usuario. Existen diferentes maneras para analizar y cuantificar el grado de servicio. Un parámetro usado es el índice de servicio (Present Serviciability Index - PSI), que establece una escala subjetiva de calificación de 0 a 5, siendo 5 la condición calificada como excelente, otro indicador es la rugosidad, o irregularidades en pavimento, que en buena cuenta son onda, que pueden ser analizando transformadas de Fourier (Chang, 2012, p. 9).

El (MTC 2014), recomienda índices de serviciabilidad en base al tráfico proyectado.

Confiabilidad y desviación estándar

“La guía AASHTO incorpora en el diseño un factor de confiabilidad $R\%$ para tener la incertidumbre en la predicción del tráfico y el desempeño del pavimento $R\%$ indica la

probabilidad de que el pavimento diseñado tendrá un nivel de desempeño más alto que el nivel de serviciabilidad final al concluir el periodo de diseño” (Menéndez, 2013, p. 118).

Tabla 28

Indice de serviciabilidad , recomendado por MTC.

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Índice de serviciabilidad inicial (Pi)	Índice de serviciabilidad final (Pt)	Diferencia de serviciabilidad PSI
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150001	300000	4.10	2.00	2.1
	TP2	300001	500000	4.10	2.00	2.1
	TP3	500001	750000	4.10	2.00	2.1
	TP4	750001	1000000	4.10	2.00	2.1
	TP5	1000001	1500000	4.30	2.00	1.8
	TP6	1500001	3000000	4.30	2.50	1.8
	TP7	3000001	5000000	4.30	2.50	1.8
	TP8	7500001	7500000	4.30	2.50	1.8
	TP9	10000001	10000000	4.30	2.50	1.8
	TP10	12500001	12500000	4.30	2.50	1.8
Resto de caminos	TP11	15000001	15000000	4.30	2.50	1.8
	TP12	20000001	20000000	4.50	3.00	1.5
	TP13	20000001	25000000	4.50	3.00	1.5
	TP14	25000001	30000000	4.50	3.00	1.5
	TP15		>30000000	4.50	3.00	1.5

Fuente: MTC 2014

Tabla 29

Confiabilidad y desviación estándar recomendado MTC.

Tipo de caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad (R)	Desviación Estándar Normal
Caminos de bajo volumen de transito	TP0	100000	100000	65%	-0.385
	TP1	150001	300000	70%	-0.524
	TP2	300001	500000	75%	-0.674
	TP3	500001	750000	80%	-0.842
	TP4	750001	1000000	80%	-0.842
	TP5	1000001	1500000	85%	-1.036
	TP6	1500001	3000000	85%	-1.036
	TP7	3000001	5000000	85%	-1.036
	TP8	5000001	7500000	90%	-1.282
	TP9	7500001	10000000	90%	-1.282
Resto de caminos	TP10	10000001	12500000	90%	-1.282
	TP11	12500001	15000000	90%	-1.282
	TP12	15000001	20000000	90%	-1.282
	TP13	20000001	25000000	90%	-1.282
	TP14	25000001	30000000	95%	-1.282
	Tp15		>30000000		-1.645

Fuente: MTC 2014

Desviación estándar combinada

La variabilidad es expresada en función a la desviación estándar global, S_0 ; para un rendimiento de pavimento rígido es de 0.35 a 0.40 y se suele emplear el valor de 0.35.

Resistencia media del concreto a flexo tracción

De acuerdo al manual de MTC 2014, el concreto a ser empleado en la construcción de pavimentos rígidos debe cumplir con los siguientes requisitos del módulo de rotura (resistencia a la flexo tracción) y resistencia a la compresión.

Tabla 30

Valores recomendados de resistencia del concreto.

Rangos de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia al flexo tracción del concreto (MR)	Resistencia equivalente a la compresión del concreto($f'c$)
$\leq 5'500.000$ EE	40 Kg/cm ²	280 Kg /cm ²
$> 5'000.000$ EE		
$\leq 15'000.000$ EE	42 Kg/cm ²	300 Kg/cm ²
$> 15'000.000$ EE		
$\leq 30'000.000$ EE	45 Kg /cm ²	350 Kg /cm ²

Fuente MTC 2014

Módulo de Elasticidad del concreto

El módulo E_c elástico y el módulo de 28 días de rotura del concreto S_c , se requieren como parámetros de entrada.

Juntas

Las juntas son proporcionadas en pavimentos de concreto para evitar la ocurrencia de grietas prematuras debido a la retracción del concreto, “los gradientes térmicos que se producen en el pavimento al ir variando la temperatura ambiente a lo largo del día, las diferencias de temperatura entre el verano e invierno, la posible aparición de empujes como consecuencia de dilataciones, las paradas de la puesta en obra (por ejemplo al finalizar la jornada de trabajo) y las limitaciones del ancho de los equipos de construcción, hacen necesaria la disposición de juntas de pavimento, dividiendo estas en losas.” (IECA, 2013, p. 2).

Mecanismo de transferencia de carga en juntas

Según el MTC-2014, existen tres métodos de transferencia de carga, estos son: Trabazón de agregados, pasadores o dowells y sub base tratadas.

Tabla 31

Coefficiente de transferencia de cargas.

Berma	Asfalto		PCC	
	SI	NO	SI	NO
Dispositivo de transferencia de carga	SI	NO	SI	NO
Tipo de pavimento con juntas y con juntas y refuerzo CRCP	3.2	3.8-4.4	2.5-3.1	3.6-4.2
	2.9-3.2	NA	2.3-2.9	NA

Fuente: MTC 2014

Trabazón de agregado

“Es el engranaje mecánico que existe entre los agregados de ambas caras de las losas adyacentes. Depende de la resistencia al corte de las partículas de los agregados, del espaciamiento entre las juntas transversales, del tipo de sub base y del tráfico” (MTC, 2014, p.168).

Pasador o Dowells

“Incrementan mecánicamente la transferencia de carga aportada por la trabazón de agregados, es necesario para pavimentos con números de repeticiones de EE mayores a 4 millones en el periodo de diseño” (MTC, 2014, p. 168).

Sub base tratada

“Reducen la deflexión en las juntas al incrementar la capacidad de soporte del suelo (k equivalente)” (MTC, 2014, p. 168).

Tabla 32

Espaciamiento de juntas.

Espesor de Pavimento mm(in.)	Espaciamiento de Juntas m
125 (5)	3.00 - 3.80
150 (6)	3.70 - 4.60
175 (7)	4.30 - 4.60
200 (8) o más	4.60

Fuente: MTC 2014

Diseño De Pavimentos Segmentados

Según Menéndez, Rafael (2013) “El pavimento segmentado se establece como unidades individuales que pueden o no pueden unirse para formar un pavimento flexible o rígido vinculado. El material puede ser de piedra natural, madera concreta prefabricado o barro cocido”.

El pavimento de adoquines de concreto está compuesto, casi siempre por dos capas: la capa de rodadura (los adoquines), y la base. Ambas capas son importantes porque los adoquines sin base terminan por hundirse en el suelo; la base sin los adoquines se deteriora muy rápido y no tiene la resistencia suficiente, a continuación, se observa una sección típica de pavimento de adoquines de concreto.

“El año 2010 la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) publicó la guía estructural de pavimentos de concreto inter-trabados para calles municipalidades y calzadas (ASCE 2010). Este documento como su título lo señala está orientado al diseño de pavimentos para zonas urbanas y se basa en las ecuaciones desarrolladas por AASHTO 1993”. (Menéndez, 2013, p. 39)

Según este método, se tiene un coeficiente de capa del pavimento segmentado de concreto y la cama de arena, todo unido de 0.44.

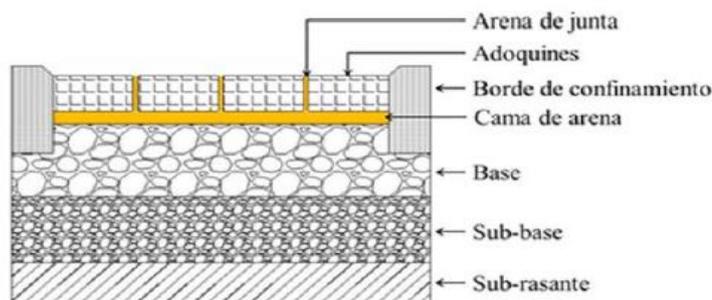


Figura 18. Elementos estructurales de un pavimento de adoquín de concreto (ASCE,2010)

Fuente: MTC 2014

En los últimos años con las mejoras en el proceso de fabricación de los bloques se viene incrementando el uso de esta alternativa de pavimentación en zonas de alto tráfico, o lugares decorativos.

Su espesor depende del tránsito que va soportar el pavimento, de la dureza del suelo y de los materiales con que se van a construir estas capas, a continuación, presentamos algunas recomendaciones sobre las capas que conforman los pavimentos de adoquines de concreto:

Capa de adoquines

Los adoquines tienen un espesor variable entre 4 y 8 cm para todo tipo de tráfico que va desde el peatonal al vehicular.

Capa de arena

Esta capa se construye de 3 a 5 cm de espesor, con arena suelta, gruesa y limpia.

La base

El espesor de la base depende del material con que se construya, del tránsito y de la calidad del suelo.

Método de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles

Este método se aplica cuando se trata de vías nuevas destinadas al tráfico de cargas normales o legales con tráficos de hasta 10×10^6 ESAL, consideradas para la capa de rodadura conformada por bloques de concreto un espesor único de 80 mm (3 1/8”), cama de arena de hasta 25mm (1”) y para velocidades de diseño de hasta 70 kph la base puede ser diseñada para materiales granulares, estabilizados con cementos o estabilizados con asfalto.

Tabla 33

Espesores mínimos equivalentes segmentados.

Ejes equivalentes acumulados		Capa superficial	Cama de arena
<=150.000		Adoquín de concreto: 60 mm	40 mm
150,001	7,500,000	Adoquín de concreto: 80 mm	40 mm
7,500,001	15'000.000	Concreto: 100 mm	40 mm

Fuente: MTC 2014

La guía de diseño del ASCE, recomienda considerar un valor único de confiabilidad de 75% ($Z_r=0.67$) y desviación estándar de 0.45, estos valores presentan a un nivel bajo a medio que corresponden a una vía urbana de baja velocidad.

Según el MTC (2014) “El espesor mínimo constructivo para base granular es de 100mm, para bases tratadas con asfalto 90mm y para bases tratadas con cemento es de 100mm” (p. 140)

Estudios Requeridos

Estudio De Suelo De Fundación

Los trabajos de mecánica de suelos se desarrollan con la finalidad de investigar las características del suelo que permitan establecer los criterios de diseño de la vía. Los trabajos se desarrollan en tres etapas; inicialmente los trabajos corresponden al relevamiento de información, ejecutados directamente en campo, posteriormente se evalúan las características de los materiales involucrados en el proyecto; y finalmente el procesa toda la información recopilada para establecer parámetros de diseño.

a) Puntos de Investigación

Las separaciones de las exploraciones geotécnicas dependerán de la variabilidad de las condiciones del suelo existente, tanto vertical como horizontalmente y el tipo de proyecto de pavimento, que puede variar desde 50 m en zonas urbanas, hasta 2 por kilómetro en carreteras de bajo volumen de tránsito, como se trata de una ciudad universitaria, se opta por las recomendaciones del reglamento nacional de edificaciones C.E. 010 Pavimentos Urbanos.

Tabla 34

Número de puntos de investigación.

Número mínimo de área (m²) puntos de investigación

1 cada	2000
1 cada	2400
1 cada	3000
1 cada	3600

Fuente: CE 2010

Durante la investigación de campo se elabora un perfil estratigráfico para cada punto de investigación, basado en la clasificación visual, además la norma CE 010, recomienda algunas técnicas de investigación:

Tabla 35

Técnicas de investigación en campo.

Norma	Denominación
MTC E 101-2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
NTP 339.143:1999	Suelos. Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena
NTP 339.144:1999	Suelos. Método de ensayo estándar para la densidad in-situ de suelos y suelo - agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial)
NTP 339.250:2002	Suelos. Método de ensayo para la determinación en campo del contenido de humedad, por el método de presión del gas carburo de calcio la ed.
NTP 339.150:2001	Suelos. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual
NTP 339.161:2001	Suelos. Practica para la investigación y muestreo de suelos por perforación con barrena.

NTP

339.169:2002 Suelos Muestreo geotécnico de suelos con tubos de pared delgada

NTP

339.172:2002 Suelos. Método de prueba normalizada para el contenido de humedad de suelo y roca in situ por métodos nucleares (poca profundidad)

NTP

330.175:2002 Suelos. Método de ensayo normalizado in situ para CBR. (California Bearing Ratio-Relación del calor de soporte) de suelos

ASTM D

6951 Método estándar de ensayo para el uso de penetrómetro dinámico de cono en aplicaciones superficiales de pavimentos.

Fuente: CE 010, 2010

b) Profundidad de Excavación

Para el diseño de pavimento, la profundidad a la cual se debe realizar la exploración está relacionada a la profundidad a la cual los esfuerzos producidos por las cargas de los vehículos son despreciables.

Según la Norma CE 010 Pavimentos Urbanos recomienda lo siguiente:

La profundidad mínima de investigación será de 1.50 m por debajo de la cota rasante de la vía.

Si dentro de la profundidad explorada se encontraran suelos blandos o altamente compresibles, la profundidad de investigación deberá ampliarse a criterio del profesional responsable.

Donde exista rellenos no controlados se deberá investigar en todo su espesor debiendo profundizar no menos de 0.50 m dentro del suelo natural.

c) Ensayos de campo y de laboratorio requerido

Según la Norma CE 010 Pavimentos Urbanos los ensayos requeridos son:

Tabla 36.

Ensayos de laboratorio aplicables.

Norma	Denominación
NTP 339.125:1998	Suelos. Método para la reducción de las muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo
NTP 339.127:1998	Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP 339.128:1999	Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico
NTP 339.129:1999	Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.
NTP 339.132:1999	Suelos. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz 75 (N 200)
NTP 339.134:1999	Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (SUCS Sistema unificado de clasificación de suelos)
NTP 339.135:1999	Suelos. Método para la clasificación de suelos para el uso de vías de transporte
NTP 339.141:1999	Suelos. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada 2700 KN-m/m ³ (56000 pie-ibf/pie ³)
NTP 339.142:1999	Suelos. Método de ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía estándar (600KN -m/m ³ (12400 pie-ibf/pie ³))
NTP 339.144:1999	Suelos. Método de ensayos estándar para la densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial)
NTP 339.145:1999	Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.146:2000	Suelos. Método de ensayo estándar para el valor de equivalente de arena de suelos y agregado fino

Fuente: CE 010, 2010

d) Propiedades Físicas

En cuanto a los ensayos considerados, se puede realizar una breve explicación de los ensayos y los objetivos de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden

a aquellos que determinan las propiedades índices de los suelos y que permiten su clasificación.

e) Propiedades Mecánicas

Los ensayos para definir las propiedades mecánicas, permiten determinar la resistencia de los suelos o comportamiento frente a las solicitaciones de carga.

f) Estudio De Canteras

Comprende la ubicación, investigación y comprobación física mecánica de los materiales de agregados inertes para la base y sub base granular de un pavimento, se seleccionará únicamente aquellas canteras que demuestren que la calidad y cantidad de material existente son adecuadas y suficientes para el desarrollo del proyecto. A si mismo los materiales seleccionados de cantera se encuentran dentro del requerimiento establecido por la norma CE. 010 pavimento Urbano.

Metodología de Estudio de Cantera

Investigación en campo

Recordemos que el diseño de pavimentos, se resume en la determinación de rigideces y espesores, los espesores se obtienen mediante diversos métodos, que se detallaran más adelante, en cuanto a sus rigideces, se determina, mediante las características físicas y mecánicas, para ello en nuestro país, contamos con el manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para la construcción, (EG-2013), ahí se describen los requisitos mínimos de calidad, para cada componente estructural, cabe recalcar que en nuestro país además de la citada norma, se tiene otras como el reglamento nacional de edificaciones, en su sección pavimentos urbanos (CE 010), así como el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y

pavimentos, en su sección suelos y pavimentos (MTC – 2014), pero ambos reglamentos en cuanto a la calidad de los materiales citan a la especificaciones técnicas generales para la construcción (EG-2013).

Tabla 37

Ensayos de mecánica de suelos en canteras.

ENSAYOS	ASTM	AASHTO	MTC	PROPOSITO DE ENSAYO
Contenido de humedad	D-2216	-----	-----	Determinar el contenido de humedad
Análisis granulométrico por tamizado	D.422	T-88	E-107	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Limite liquido	D-4318	T-89	E-110	Determinar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
Limite plástico	D-4318	T-90	E-111	Determinar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
Proctor modificado	D-1557	T-180	E-115	Determinar la máxima densidad seca y al optimo contenido de humedad
C.B.R (Valor relativo de soporte)	D-1883	T-193	E-132	Determinar la capacidad de carga
Abrasión de los Ángeles	C-131	T-96	E-207	Determinar la resistencia al desgaste de los agregados naturales empleando la máquina de los Ángeles con una carga abrasiva
Equivalente de arena	D-2419	-----	-----	Determinar el polvo fino o arcilloso
Porcentaje de caras fracturadas			E-210	Este método de ensayo abarca la determinación del porcentaje, en masa o cantidad, de una muestra agregado grueso que contiene partículas fracturadas
Porcentaje de partículas chatas alargadas			E-223	Este método de ensayo abarca la determinación de partículas chatas alargadas

Fuente: EG, 2014

Se realiza una investigación de la cantera seleccionada con investigación geotécnica mediante la excavación de calicatas a la profundidad mínima y máxima de explotación, para determinar las características del material y su potencia.

Ensayos de laboratorio

Los ensayos se realizarán de acuerdo al manual CE.010 Pavimentos Urbanos, se pueden apreciar en la tabla 24.

Requerimiento de base y sub base granular

Sub base Granular

Los materiales para la construcción de la sub base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en la tabla 27.

Tabla 38

Gradación en Sub bases granulares.

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso			
	Gradación A(1)	Gradación B	Gradación n C	Gradación n D
50 min(2")	100	100	-	-
25 min (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm(3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm(N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm(N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm(N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: EG, 2013

Tabla 39

Requisitos de materiales para sub base.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				<3000 msnm	>3000 msnm
Abrasión los Ángeles	MTC E207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E132	D 1883	T 193	40 % min.	40 % min.
Limite Liquido	MTC E110	D 4318	T 89	25 % más.	25 % máx.
Índice de Plasticidad	MTC E111	D 4318	T 90	6 % máx.	4 % máx.
Equivalente de Arena	MTC E114	D 2419	T 176	25 % min.	35 % min.
Sales Solubles	MTC E219	-	-	1 % máx.	1 % máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-	D 4791	-	20 % máx.	20 % máx.

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

Fuente : EG , 2013.

Base Granular

Los materiales para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en las especificaciones generales (EG -2013).

Tabla 40

Gradación de base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en Peso			
	Gradación A(1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 min(2")	100	100	-	-
25 min (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm(3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm(N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm(N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm(N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: EG, 2013

Tabla 41

Valor relativo de soporte de base granular.

	Trafico de ejes equivalente (10^6)	Min 80%
Valor relativo de soporte. CBR(1)	Trafico de ejes equivalente (10^6)	Min 100%
Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1"(2.5 mm).		

Fuente: EG -2013

Tabla 42

Requisito de materiales de agregado grueso en base granular.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				<3000 msnm	>3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80 % min.	80 % min.
Partículas con dos caras fracturada	MTC E 210	D 5821		40 % min.	50 % min
Abrasión los ángeles	MTC E 207	D 131	T 96	40 % máx.	40 % máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-	D 4791		15 % máx.	15 % máx.
Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		0.5 % máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: EG – 2013

Tabla 43

Requisito de materiales de agregado fino en base granular.

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento	
		<3000 msnm	>3000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4 % máx.	2% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	35 % min.	45 % min.
Sales solubles	MTC E 219	0.5% máx.	0.5 % máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209		15 % máx.

Fuente: EG – 2013

Estudio De Tráfico

“El tráfico es uno de los factores más relevantes en el diseño del pavimento. Su correcta determinación depende de muchos factores que pueden conducir a una inadecuada estimación del mismo. Los métodos actuales se basan en transformar los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente, para posteriormente calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño de pavimento (ESAL)”. (Menéndez, 2013, p.252)

Tipos de tráfico

El tráfico “normal” Corresponde a aquel que circula por el camino en estudio en la situación sin proyecto y no se modifican en la situación con proyecto.

El tráfico “generado” Es aquel que no existía en el camino en la situación sin proyecto, y aparece como efecto directo de la ejecución del proyecto debido principalmente a la reducción del costo de transporte del camino.

El tráfico “desviado” es aquel en la situación sin proyecto utiliza otro camino para su desplazamiento, pero una vez ejecutado el proyecto utilizara una parte o en forma total el camino rehabilitado o mejorado, pero mantiene su origen y destino.
Es resultado de un análisis de encuestas origen/destino.

Trafico “inducido o transferido” Es aquel que en la situación sin proyecto utiliza otro camino para su desplazamiento, pero una vez ejecutado el proyecto utilizara una parte o en forma total el camino vecinal rehabilitado o mejorado, a consecuencia de ello cambia su origen, destino o ambos.

Por ejemplo, un productor que al disponer de un camino en mejores condiciones decide comprar insumos en otra localidad.

Factores que interviene en el estudio de tráfico

Periodo de Diseño

Este aspecto es de suma importancia para la determinación de la factibilidad económica de la solución que se plantee, en ninguno de los casos podrá ser menor que el periodo de vida útil de la estructura planteada que por lo general es de 10 a 20 años en los pavimentos flexibles y de 20 a 30 años en los pavimentos rígidos.

Índice medio diario (ADT)

Para calcular el ADT se deberá seguir los siguientes pasos:

- Cuantificación del volumen anual del tráfico y su composición inicial por tipos de vehículos.
- Estimación de la tasa de crecimiento anual del tráfico por tipo de vehículo, puede obtenerse del conteo vehicular.
- Estimación del factor direccional del tráfico.
- Estimación del factor de distribución por carril de diseño
- Estimación de las magnitudes de carga de las ruedas por tipo de vehículo.

Tasa de crecimiento

Este factor se estima en base a las proyecciones de crecimiento poblacional y económico en el área de influencia del tramo en estudio.

Factor de Crecimiento

El instituto del Asfalto y la guía de diseño de AASHTO recomiendan el uso de tráfico durante todo el periodo de diseño para determinar el factor total de crecimiento, tal como se indica:

$$(G)(Y) = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

Factor de distribución direccional

Este factor toma en cuenta el volumen de tráfico en cada dirección, este factor se considera por lo general igual a 50% es decir que en ambas direcciones el tráfico es similar.

Factor de distribución de Carril

Para carreteras de 2 carriles, el carril en cada dirección es el carril de diseño, de manera que el factor de distribución de carril es el 100%.

Factor de eje equivalente

El factor de eje equivalente (EALF) es la relación entre el daño ocasionado por un eje determinado con respecto a un eje estándar de 18 Kips (8.1 ton) de carga dual (4 neumáticos) con una presión de inflado de 85 psi.

Según el manual MTC 2014, Para Pavimentos Rígidos

Tabla 44

Relación de cargas por ejes para determinar Ejes equivalente EE, para pavimentos rígidos.

Tipo de eje	Eje equivalente (EE 8.2 ton)
Eje Simple de ruedas simples (EE S_1)	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE S_2)	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.1}$
Eje Tándem(1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple (EE TA_1)	$EE_{TA1} = [P/13.0]^{4.1}$
Eje Tándem(2 ejes ruedas dobles) (EE TA_2)	$EE_{TA2} = [P/13.3]^{4.1}$
Eje tridem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple)(EE TR_1)	$EE_{TR1} = [P/16.6]^{4.0}$
Eje tridem (3 ejes de ruedas dobles)(EE TR_2)	$EE_{TR2} = [P/17.5]^{4.0}$

P = Peso real por eje en toneladas

Fuente: MTC – 2014

Para Pavimentos Flexibles

Tabla 45

Relación de cargas por ejes para determinar ejes equivalentes EE, para pavimentos flexibles y semirrígidos.

Tipo de eje	Eje equivalente (EE 8.2 ton)
Eje Simple de ruedas simples (EE S1)	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE S2)	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.0}$
Eje Tándem(1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple (EE TA1)	$EE_{TA1} = [P/14.8]^{4.0}$
Eje Tándem(2 ejes ruedas dobles) (EE TA2)	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$
Eje tridem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple)(EE TR1)	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.9}$
Eje tridem (3 ejes de ruedas dobles)(EE TR2)	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$
P = Peso real por eje en toneladas	

Fuente: MTC - 2014

Mezclas Asfálticas

Hoy en día existen una variedad de mezclas asfálticas con fines de pavimentación entre ellas tenemos: Mezcla asfáltica abierta en frío, mezcla asfáltica abierta en caliente, mezclas asfálticas densa en frío, concreto asfáltico, mezclas de arena asfalto, tratamientos superficiales, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas drenante, mezclas discontinuas en caliente o micro aglomerados, mezclas tibias, mezclas asfálticas modificadas, mezclas asfálticas recicladas en frío, mezclas asfálticas recicladas en caliente, etc.

Concreto Asfáltico

El concreto asfalto es el material asfáltico comúnmente utilizado en los proyectos de construcción de calles, autopistas, aeropuertos y estacionamientos. Este es una mezcla de

asfalto y materiales pétreos que se extiende en capas sobre una determinada superficie y se compacta utilizando maquinaria especial, su componente principal es el asfalto.

Se define mezcla asfáltica dense en caliente o concreto asfáltico, a la combinación de áridos (incluido el polvo mineral) con un ligante. Las cantidades relativas de ligante y áridos determinan las propiedades físicas de la mezcla, el proceso de fabricación implica calentar el agregado pétreo, y el ligante a alta temperatura, muy superior a la ambiental, enseguida esta mezcla es colocada en la obra.

“El cemento asfáltico se designa por las letras CA o AC (Asphalt Cement en un país anglosajón) y se clasifica de acuerdo con su consistencia evaluada a través de dos ensayos: penetración y viscosidad. Otra forma de clasificación, utilizada principalmente en países desarrollados, se realiza a través del grado de funcionamiento (PG por sus siglas en inglés)” (Rondón & Reyes, 2015, p. 38).

El índice de penetración no ayuda a evaluar el grado de susceptibilidad térmica, se puede observar el índice de penetración recomendado para diferentes climas en nuestro país en la siguiente tabla:

Tabla 46

Selección del tipo de cemento asfáltico.

24 ° C ó más	24 ° C - 15 ° C	15 ° C - 5 ° C	Menos de 5 ° C
40-50 °			
60 -70 °	60-70	85-100	Asfalto
Modificado		120-150	Modificado

Fuente: EG, 2013

Concreto Hidráulico

El concreto puede ser definido como un producto artificial que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado llamado agregado, la pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con agua es la fase continua del concreto (Rivva, 2014, p. 11).

Naturaleza del concreto

La mezcla íntima de los componentes del concreto produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad, pero gradualmente pierde esta característica y al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido (Rivva, 2014, p. 12).

Propiedades de resistencia

La resistencia del concreto se incrementa con el tiempo, pero no se puede medir directamente in situ por ninguno de los métodos de prueba disponible. Sin embargo, diferentes métodos de laboratorios simulan de forma exacta el tipo de esfuerzos que se producen en el pavimento, pero dan una idea adecuada de su respuesta que puede ser empleada en el diseño o en el control de calidad durante la ejecución, las pruebas más conocidas son: resistencia a la compresión en cilindros y cubos, resistencia a la tracción indirecta por compresión diagonal (método brasileño), ensayo de tracción por flexión en vigas de concreto (Menéndez, 2013, p. 187).

Identificación del Plan de Calidad

Alcance del Plan de Calidad: cómo siguiente paso para elaborar el plan de calidad se procede a determinar los lineamientos técnicos requeridos para la estabilización de suelos con cemento en pavimentos rígidos, segmentados y flexibles para la empresa PAVIMAQ SAC.

Estos lineamientos son del sistema de gestión de calidad, tenemos:

Entradas: La Documentación de especificaciones técnicas, Manual de Procedimientos, Procedimientos específicos, Procedimientos de Control, Instructivo, registros y protocolos.

Política de Calidad: Diseñar los procedimientos a seguir por la empresa al realizar trabajos para la estabilización de suelos con cemento en pavimentos rígidos, segmentados y flexibles para la empresa PAVIMAQ SAC., con relación a su desempeño y que constituye el marco de referencia para la acción y definición de sus objetivos y metas.

Objetivos de Calidad: Para dar cumplimiento se deben alcanzar los siguientes objetivos:

- Establecer los lineamientos técnicos para la estabilización de suelos con cemento en pavimentos rígidos, segmentados y flexibles para la empresa PAVIMAQ SAC.
- Ejecutar los contratos de obra con estabilización de suelos con cemento, de acuerdo los costos y lapsos establecidos.
- Supervisar, controlar el cumplimiento de los procesos para la estabilización de suelos con cemento en pavimentos rígidos, segmentados y flexibles.

Dirección: La Dirección define y pone en conocimiento del personal de la empresa, la organización, control y evaluación, las responsabilidades, las competencias y las relaciones entre todo el personal de la empresa. Las funciones y responsabilidades más representativas

relacionadas con la Calidad, están indicadas en cada uno de los procedimientos generales implantados en la empresa. Para el desarrollo del plan se busca establecer un modelo de calidad, para la estabilización de suelos.

Comunicación Interna, La empresa encargada debe fomentar la comunicación como parte del plan de calidad, ya que implica un cambio cultural importante donde la organización debe aprender a adaptarse permanentemente a las exigencias del entorno y a las necesidades que sus clientes consideren pertinentes.

Lineamientos

Procedimientos Específicos.

Para la ejecución de las obras de la estabilización de suelos con cemento en pavimentos rígidos, segmentados y flexibles, es necesario un manejo conceptual para determinar los instrumentos de monitoreo que se deben aplicar en cada proceso de trabajo de la estabilización: ensayos para el análisis de suelos, tipo de suelo y demás indicadores para el manejo correcto del cemento para estabilizar el suelo.

Ensayos de clasificación de suelos, para comenzar con una adecuada estabilización de suelos, se debe realizar los ensayos respectivos, para poder saber el tipo de suelos al que pertenece.

Para el procedimiento de esta investigación, es clave identificar a los referentes de las **responsabilidades generales**, a quienes podemos mencionar a:

- **Residente de obra.**

Es el encargado de la gerencia de la obra, así como su perfecto desarrollo según el expediente técnico.

• **Ingeniero de campo.**

Persona calificada responsable de liderar, organizar, coordinar y supervisar directamente la ejecución del proyecto en campo.

• **Topógrafo.**

Es el encargado de realizar el levantamiento y verificación de niveles previo, durante y después de la construcción.

• **Capataz**

Es el encargado del correcto procedimiento del trabajo en campo, asimismo coordina con el Ingeniero las directrices que se les dará a los trabajadores de la obra.

• **Trabajadores**

Con los encargados de la mano de obra, asimismo, es responsabilidad de todos los trabajadores conocer y cumplir estrictamente con los detalles descritos en los procedimientos a seguir, por lo que el incumplimiento de este procedimiento, afectaría la obra y como tal la sanción o separación del trabajador de la misma.

• **Gestión Total de la Calidad (GTC)**

- Realizará la capacitación correspondiente a todo el personal involucrado en el trabajo para la correcta aplicación de las políticas y estándares de calidad.
- En coordinación con el Ing. de campo, realizarán el análisis de las actividades operativas a fin de evitar la ocurrencia de no conformidades.
- Realizará supervisión en forma aleatoria en los diferentes frentes de trabajo durante la ejecución de las actividades.
- En coordinación con el Área de Producción se verificará el trazo que delimita la excavación.

• **Almacén / Administración**

Se encargará de la logística de materiales, herramientas, EPP's, uniformes y demás materiales a utilizarse en la ejecución de los trabajos, así también velará por el correcto estado laboral del personal en obra.

Por otro lado, los **recursos** que se utilizarán, serán:

• **Equipos de protección personal.**

- Casco de seguridad.
- Lentes de seguridad.
- Guantes Cuero/ Badana / PVC.
- Zapatos de Seguridad con punta de acero.
- Ropa de Trabajo.
- Tapones auditivos.
- Respirador / Mascarilla contra polvo, filtro para gases tóxicos.
- chaleco reflectivo.
- Cortavientos / Tapa sol.
- Protector metatarsiano.

• **Maquinaria.**

- Retroexcavadora
- Motoniveladora
- Rodillo
- Cisterna de agua
- Volquetes
- Mini cargador Bobcat

Aspectos éticos:

El código de ética de los miembros del PMI (2006), se sustenta en 4 valores fundamentales para un trabajo de investigación: responsabilidad, respeto, equidad y honestidad; en el cual se menciona las normas ideales y obligatorias.

- ❖ Proteger la información confidencial o de propiedad exclusiva que se haya confiado.
- ❖ Informarse acerca de las políticas, reglas, normativas y leyes que rigen las actividades laborales, profesionales y voluntarias y respetarla.
- ❖ Respetar los derechos de propiedad de los demás.
- ❖ Brindar acceso equitativo a la información a quienes están autorizados a contar con la misma.
- ❖ Procurar comprender la verdad con seriedad.
- ❖ Demostrar sinceridad en las comunicaciones y conductas.
- ❖ Proporcionar información precisa de manera oportuna.
- ❖ Se mantendrá la confidencialidad de la información de la empresa en estudio.
- ❖ Se proporcionará información veraz en el análisis y resultados.
- ❖ Se respetará la propiedad intelectual y los derechos de autor de las investigaciones documentales, libros y referencias que sirvieron de apoyo para la realización de este trabajo.

CAPÍTULO 3. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA

En la empresa PAVIMAQ S.A.C yo ingrese a trabajar en el año 2013 en aquel año todavía me desempeñaba como topógrafo en los trabajos de mejoramiento de suelos para pavimentos, a partir del año 2018 luego de haber culminado mis estudios de ingeniería civil es que el gerente de la empresa me promueve a asistente de ingeniería residente desde ese momento mis funciones han cambiado y ahora me dedico a realizar la planificación de cada obra, llevar los controles respectivos de calidad tales como llenado de protocolos de topografía y de procedimientos específicos, dar conformidad a los ensayos de mecánica de suelos que se realicen en la obra, informar del avance diario y semanal de la obra al ingeniero residente.

Para la obra en la calle auxiliar de la Av. Oquendo para el ex Fundo Oquendo, he tenido la oportunidad de aportar mis años de experiencia para este proyecto ya que anteriormente la empresa Pavimaq no contaba con un procedimiento claro en cuanto a la dosificación del cemento para la estabilización del suelo, antiguamente se basaban en cantidades sin fundamentos claros ya que no había una persona que se encargara de la calidad del proceso, mi aporte en esta obra fue la de establecer los lineamientos del proceso para el mejoramiento de la capacidad portante del suelo en términos del CBR, utilizando como herramientas los ensayos de laboratorio y el manual de carreteras del MTC, quise aplicar la dosificación del 2% de cemento en peso respecto al suelo a mejorar y demostrar que es suficiente para llegar a los valores mínimos requeridos que especifica el manual de carreteras y también las especificaciones técnicas del proyecto, cabe mencionar que esta vía será de uso industrial por lo que las cargas que soportaran son muy elevadas a comparación de un pavimento urbano, así con esto dejo a conocimiento mi aporte hacia la empresa y también

menciono los beneficios que obtendrán como lo es un plan de trabajo que podrá implementarse en las demás obras mirando hacia el futuro de la constructora.

3.1. Descripción del proyecto.

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Lima, en la provincia constitucional del Callao, distrito de Oquendo, corresponde a la calle auxiliar a la Av. Oquendo y parte de la calle G que perimetran y darán servicio a la parcela N°01 con partida registral 70446466 conocido como ex fundo Oquendo con un área de 67,882.80m² y con un perímetro de 1,051.72m como se puede apreciar en la imagen:

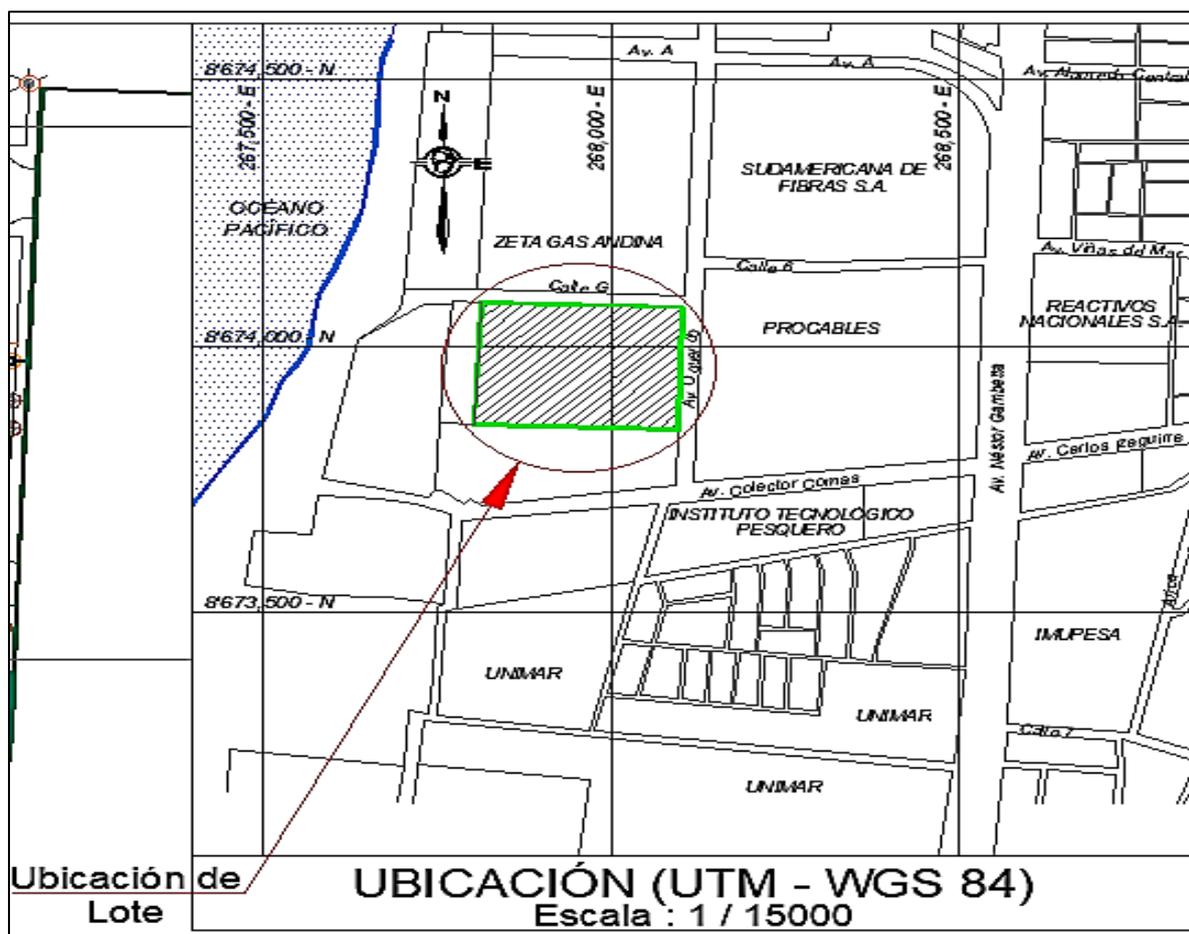


Figura 19. Ubicación UTM del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

Para la realización del proyecto del mejoramiento del CBR de la vía auxiliar de la Av. Oquendo hay que poner en conocimiento las gestiones realizadas antes de ejecutar la obra para ello a continuación se muestra una lista de los stake holders del proyecto:

Grupo de interesados:

Tabla 47

Stake holders del proyecto.

STAKE HOLDERS	NIVEL DE INTERES	NIVEL DE INFLUENCIA
Empresa Contratista (pavimaq s.a.c)	ALTO	ALTO
Empresa Contratante (inmobiliaria Las Lomas de Oquendo s.a.c)	ALTO	ALTO
Supervisión de obra (inmobiliaria Las Lomas de Oquendo s.a.c)	ALTO	ALTO
Proveedores	ALTO	BAJO
Municipalidad del Callao	BAJO	ALTO
Sindicato de construcción civil	BAJO	BAJO
Vecinos colindantes	BAJO	BAJO

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez determinado los niveles de interés e influencia de cada stake holder se procede a coordinar la ejecución de la obra con las siguientes áreas de la empresa que velaran por el desarrollo del proyecto:

Gerencia de control de Proyecto: es el área donde se hace el seguimiento y se controla el cronograma de ejecución de la obra para luego plantear los objetivos viables,

según los planteamientos de la empresa, alinear la obra con la estrategia empresarial antes mencionada en las 5 fuerzas de Porter, manejar los recursos, financieros y humanos.

Gerencia Técnica del Proyecto: es la encargada de planificar, gestionar y dirigir la obra de la cual estamos describiendo mi experiencia y aporte, es en esta parte de la empresa en donde me desempeño como asistente del ingeniero residente y es en donde propuse la implementación de mi criterio para seguir un procedimiento específico y aplicar el diseño de dosificación de cemento en base al manual de carreteras del MTC.

Gerencia de Recursos Humanos, es la responsable de gestionar el talento humano, garantizando la captación de personas adecuadas para cada puesto de trabajo requerido, sustentándose en el mejoramiento integral de sus procesos y en su personal de alta eficiencia y calidad humana.

Jefatura de topografía: es el área donde se realiza todas las coordinaciones de trazos, puntos topográficos y protocolos de calidad en la obra, modificación de planos y mantenimiento de equipos topográficos.

Jefatura de mantenimiento: es el área donde se planifican el mantenimiento de todos y cada una de las maquinarias y equipos que posee la empresa pavimaq, además darles seguimiento a los mantenimientos preventivos y presentar informes semanales del estado e inventario de todos los recursos de la empresa.

Jefatura de SSOMA: es el área que se encarga del cumplimiento del plan de seguridad, salud y medio ambiente de la empresa, en campo velar por la señalización de obra y el control y seguimiento a los diferentes protocolos de seguridad según el tipo de trabajo a realizar, así mismo reportar semanal su informe de la situación en la que se encuentra la obra en el aspecto de seguridad y medio ambiente.



TOPOGRAFÍA

Figura 20. Topografía.

Fuente: milanuncios.com



Figura 21. Esquema de operabilidad.

Fuente: <http://www.cetpropevaing.com.pe/>



Figura 22. Ingeniería SSOMA.

Fuente: ingenieriassoma.com

3.2. Funciones Principales.

Las funciones que desarrolle en la obra de mejoramiento de suelo con cemento para la calle auxiliar de la Av. Oquendo se dio en varias etapas de trabajo que programe durante mi experiencia laboral en la empresa Pavimaq y son:

- Planificación de los procesos constructivos de la obra.
- Verificación de los trabajos topográficos a realizarse.
- Verificar los tiempo y costos.
- Calcular los materiales a utilizar.
- Coordinar con los clientes y gente aledaña.
- Programar y distribuir al personal (operadores de maquinaria y peones) por cada etapa.
- Supervisar el mantenimiento de las maquinarias (motoniveladora, cargador frontal, volquetes, retroexcavadora y rodillo).

- Llevar un control de calidad por cada proceso constructivo antes, durante y después de obra.

El objetivo que tuvo este proyecto fue tener mayor capacidad portante del suelo, gracias al procedimiento de estabilización de suelo con cemento se obtiene una mejora significativa en la capacidad portante del suelo ya sea para pavimentos rígidos, segmentados y flexibles.

Tener menos costos de operatividad ya que el cemento es un material fácil de suministrar, así también las maquinas utilizadas son comunes y se pueden alquilar lugar.

Mejoramiento de la calidad en la empresa PAVIMAQ SAC ya que en esta obra de mejoramiento de suelo con cemento para la calle auxiliar de la Av. Oquendo se propone implementar este plan de calidad y en Proceso constructivo elaborado bajo los lineamientos de las Normas del MTC 2014.

3.3. Descripción de Actividades.

ETAPA 1. En esta primera etapa se realizó la programación de los trabajos topográficos, para ello se hizo un levantamiento topográfico de la zona en estudio, así mismo se firmó el contrato con el cliente, se obtuvieron los permisos municipales del callao para poder trabajar en la vía pública y también se gestionó un trato con el sindicato de construcción civil que rige en la zona de trabajo, se hace hincapié en este tema ya que forma parte importante de nuestros stake holders y depende mucho que la obra se desarrolle sin paralizaciones.

TRABAJOS TOPOGRAFICOS:

Para poder iniciar los trabajos de movimientos de tierra primeramente se debe tener bien definidos los puntos topográficos de control, para ello se envió una cuadrilla de topografía para poder realizar el levantamiento topográfico de zona a trabajar mediante los puntos de control que se instalaron dentro de la parcela del ex fundo Oquendo que servirán de control para toda la obra.

El procedimiento es el siguiente: se utiliza un GPS navegador con sistema UTM PSAD 56 y que fueron ajustadas con Google earth para ubicar 2 puntos de control en campo estos puntos estarán compuestos de:

- Cota al msnm
- Coordenada x
- Coordenada y

A través de la ubicación del primer punto topográfico denominado V1 se procedió a ubicar el punto topográfico denominado V2, seguidamente se procede a monumentar los puntos con estacas de fierro y concreto, seguido a ello se estaciona en el punto V1 el equipo estación total de topografía y se da vista al punto V2 para luego ubicar el tercer punto de control topográfico denominado V3 esto mediante ángulos y distancia que el equipo estación total lo calcula insitu y nos proporciona las coordenadas con una precisión de +-1mm

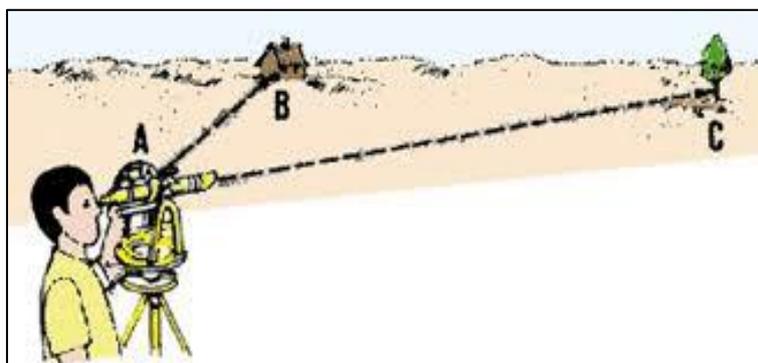


Figura 23. Esquema de levantamiento topográfico.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, imágenes en el plano de obra de los puntos de control topográficos:

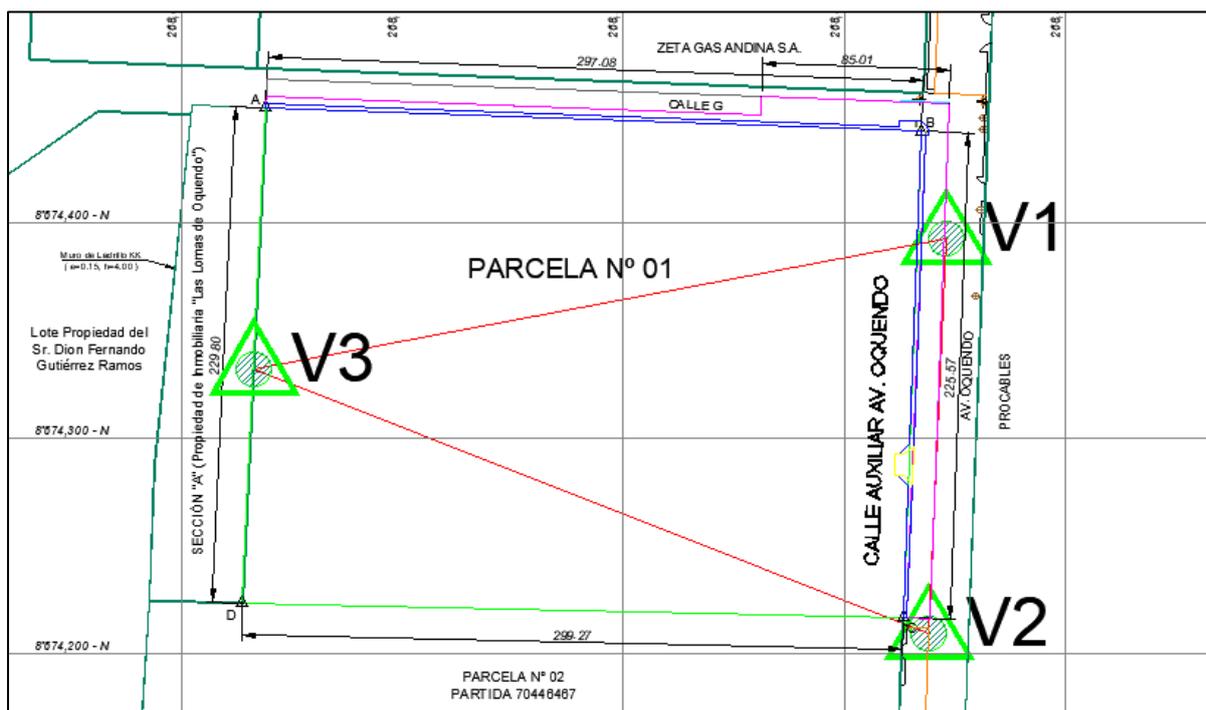


Figura 24. Puntos de control topográficos en obra.

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los puntos ya georreferenciados y ajustados se convierten en una poligonal topográfica y a partir de esta se procede a realizar el levantamiento topográfico en primer lugar del perímetro de la parcela a la cual se le dará servicio con el pavimento industrial y

luego el levantamiento del terreno de la vía auxiliar existente y parte de la calle G para luego poder realizar los trabajos de gabinete y son los perfiles longitudinales, planta, corte y relleno.

Puntos de Referencia (UTM - PSAD 56)			
Punto	Coordenadas		Cota (msnm)
	Norte	Este	
V1	8'674,392.46	268,346.17	6.56
V2	8'674,209.41	268,338.26	6.26
V3	8'674,332.00	268,032.72	5.26

Figura 25. Coordenadas de puntos de control topográfico.

Fuente: Elaboración Propia

Datos Técnicos del Lote (UTM - PSAD 56)						
Vértice	Lado	Distancia	Ángulo Interno	Azimut	Coordenadas	
					Norte	Este
A	A-B	297.08	90°34'17"	92°06'15"	8'674,453.16	268,038.09
B	B-C	225.57	89°57'54"	182°08'21"	8'674,442.25	268,334.97
C	C-D	299.27	90°50'40"	271°17'41"	8'674,216.84	268,326.56
D	D-A	229.80	88°37'09"	02°40'32"	8'674,223.60	268,027.36

Figura 26. Datos técnicos del lote a servir.

Fuente: Elaboración Propia

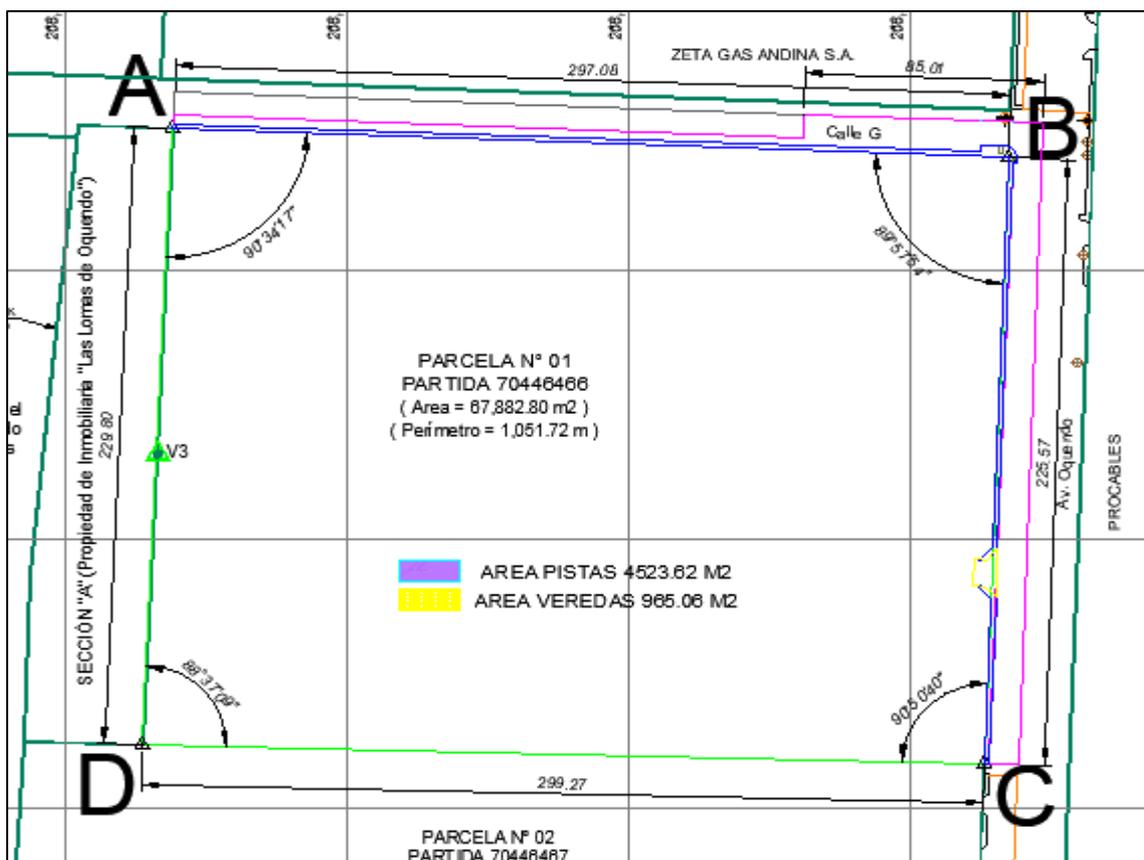


Figura 27. Datos angulares del lote a servir.

Fuente: Elaboración Propia

A partir del levantamiento topográfico se procedió a realizar el plano a curvas de nivel de la zona a trabajar y crear mediante el software auto cad civil 3d el perfil longitudinal y planta de la calle auxiliar de la Av. Oquendo y la calle G estos planos nos servirán para controlar y con ayuda de los puntos topográficos el corte de la vía y poner las cotas en cada capa de relleno con suelo cemento para estabilizar la vía, a continuación, los planos obtenidos se muestran en los resultados.

ETAPA 2: desarrollo de los ensayos, registro de datos, ubicación de las canteras a utilizar para el material de préstamo, envío de estas muestras a laboratorio para su ensayo de

clasificación de suelos y analizar los resultados, en esta etapa del procedimiento se va a tomar muestras del material existente en la calle auxiliar de la Av. Oquendo para su análisis de clasificación de suelos, contenido de humedad, Proctor modificado y CBR, con estos datos iniciales vamos a demostrar que el suelo en el cual está proyectado el pavimento industrial no tiene las características necesarias para tal diseño y con estos datos podremos contrastar y demostrar el efecto que tiene nuestra dosificación de 2% de cemento en peso en cada capa de relleno.

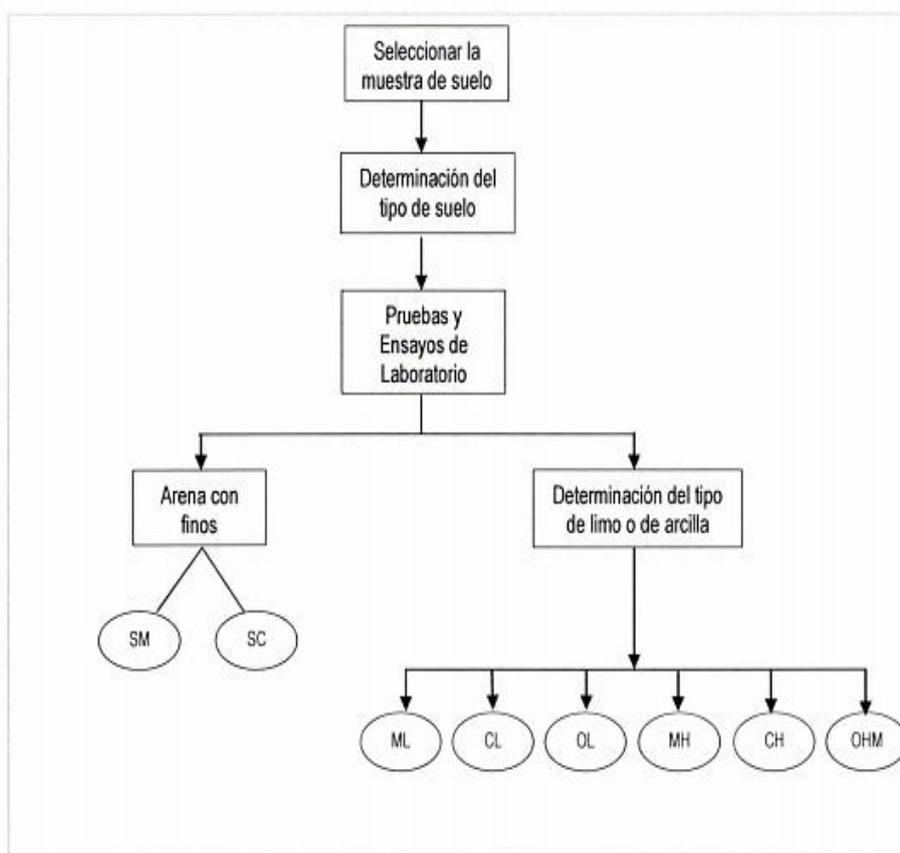


Figura 28. Esquema para seleccionar el tipo de suelo.

Fuente: MTC 2014

Tabla 48

Módulo de deformación secante

Ensayo	Descripción del Suelo	Módulo de Deformación Secante (Es), del Ensayo de Carga Directa (kg/cm ²)	Coeficiente de Reacción de Subrasante, (kg/cm ²)	de la K	California Bearing Ratio, CBR (%)
ECD - 1	Grava Pobremente Graduada con Arena y Cantos (GP)	752	23.20		35.34
ECD - 2	Grava Pobremente Graduada con Arena y Cantos (GP)	543	20.40		28.96
ECD - 3	Grava Pobremente Graduada con Arena y Cantos (GP)	587	22.20		39.98
ECD - 4	Grava Pobremente Graduada con Arena y Cantos (GP)	727	25.00		41.23
ECD - 5	Grava Pobremente Graduada con Arena y Cantos (GP)	640	21.50		27.56

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49

Valores típicos de CBR

Tipo de suelo	Clasificación SUCS	CBR (%)	Módulo de Resiliencia (Mr)	
			Libras / pulg ²	Kg / cm ²
Suelos de Grano Grueso	GV	40- 80		
	GP	30 - 60	20,000 - 40,000	1,400 – 2,800
	GM	20 - 60		
	GC	20 - 40		
	SW	20 - 40		
	SP	10 - 40	7,000 – 30,000	490 – 2,100
	SM	10 - 40		
	SC	5 - 20		

	ML	15 o menos	5,000 – 20,000	350 – 1,400
	CL (LL < 50%)	15 o menos	5,000 – 15,000	350 – 1,000
Suelos de Grano Fino	OL	5 o menos	< 5,000	< 350
	NH	15 o menos	5,000 – 20,000	350 – 1,400
	CH (LL > 50%)	15 o menos	5,000 – 15,000	350 – 1,000
	OH	5 o menos	< 5,000	< 350

Fuente: MTC 2014

Según el informe de estudio de mecánica de suelos de la obra concluye que el subsuelo de la subrasante está constituido por grava pobremente graduada con arenas y cantos (GP) presenta un coeficiente de reacción de la subrasante (k) y CBR del orden de 20.40 a 27.50 kg/cm³ y 28.96 a 41.23% respectivamente.

ETAPA 3: procedimientos para la ejecución de los trabajos, en esta etapa del proyecto ya teniendo los datos iniciales definidos vamos a programar los trabajos de mejoramiento de suelo con cemento, también como desarrollo de nuestro objetivo específico 1 el cual es determinar la influencia que tiene el CBR en el suelo de la calle auxiliar de la Av. Oquendo vamos a explicar los efectos que ello produce para ello plantearemos el siguiente esquema:

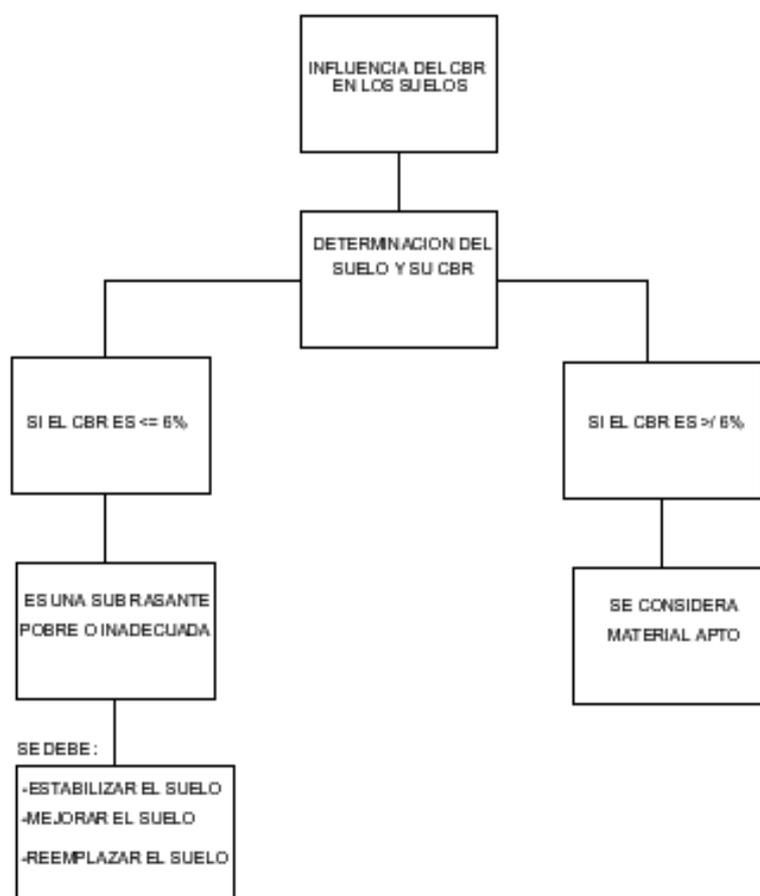


Figura 29. Influencia del CBR en los suelos.

Fuente: MTC 2014

Como se puede apreciar en el esquema la influencia que tiene el CBR en un suelo es muy importante ya que de ello depende el plan de trabajo a realizar y también el costo de maquinaria de corte para el reemplazo y estabilización de suelo, para ello primeramente determinaremos en base al cuadro 9.3 del manual del MTC tenemos los espesores recomendados para suelos con CBR entre 3 y 6% y tenemos que para un tráfico de 20 000 001 a 25 000 000 un espesor de 75 cm, ahora teniendo el espesor de corte podremos realizar el cálculo del costo de movimiento de tierras y determinar la influencia del CBR en el suelo de la calle auxiliar de la Av. Oquendo.

Tabla 50

Espesor de reemplazo según tráfico

Tráfico		Espesor de reemplazo con material CBR > 10% (cm)
0	25000	25.0
25001	75000	30.0
75001	150000	30.0
150001	300000	35.0
300001	600000	40.0
500001	750000	40.0
750001	1000000	45.0
1000001	1500000	55.0
1500001	3000000	55.0
3000001	5000000	60.0
5000001	7500000	60.0
7500001	10000000	65.0
10000001	12500000	65.0
12000001	15000000	65.0
15000001	20000000	70.0
20000001	25000000	75.0
25000001	30000000	75.0

Fuente: MTC 2014

Así también para esta etapa del proceso ya se cuenta con la siguiente documentación:

- Tipo de suelo de la calle auxiliar a la Av. Oquendo
- Valor del CBR inicial
- Máxima densidad seca (MDS) y contenido de humedad optima (COH)
- Plano de planta de la calle a trabajar
- Plano de perfil longitudinal



Figura 30. Av. Oquendo en su estado inicial.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra los datos dimensionales de las calles a trabajar:

Tabla 51

Datos técnicos de las calles a intervenir.

CALLE	LONGITUD(m)	ANCHO(m)	ESPESOR MEJORAMIENTO (cm)	DE ESPESOR DE DISEÑO TIPICO (cm)
AUXILIAR	225.57	10.20	75	20
G	85.01	11.70	75	20

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra el presupuesto de corte sabiendo que el CBR es apto para el suelo de la calle auxiliar Av. Oquendo y no influye en el costo operativo.

PRESUPUESTO DETALLADO POR PARTIDAS

PROYECTO : CONSTRUCCION DE LA CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO
CONTRATISTA: PAVIMAQ S.A.C
CLIENTE: Promoción Inmobiliaria del Sur S.A.
UBICACIÓN: Callao- Lima
FECHA: 01/12/2019

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P.U (S/.)	PARCIAL (S/.)
4.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA VIA				50,048.54
4.01	CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO				
4.01.01.01	movilizacion de maquinaria cargador frontal sobre llantas	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
4.01.01.02	trazo y replanteo de la zona de corte	m2	3,295.43	1.20	3,954.52
4.01.01.03	riego para mitigacion de polvo	m2	3,295.43	2.70	8,897.66
4.01.01.04	corte con cargador frontal espesor 20cm	m3	659.09	26.75	17,630.56
4.01.01.05	eliminacion de material d=10km inc. 30% de esponjamiento	m3	856.81	17.00	14,565.81
Costo Directo :					50,048.54
Gastos Generales y Utilidad				7.00%	3,503.40
Sub Total					53,551.94
IGV				18.00%	9,639.35
Total					S/. 63,191.29

Figura 31. Presupuesto de obra sin mejoramiento.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra el presupuesto de corte sabiendo que el CBR no es apto para el suelo de la calle auxiliar Av. Oquendo y si influye en el costo operativo.

PRESUPUESTO DETALLADO POR PARTIDAS

PROYECTO : CONSTRUCCION DE LA CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO
CONTRATISTA: PAVIMAQ S.A.C
CLIENTE: Promoción Inmobiliaria del Sur S.A.
UBICACIÓN: Callao- Lima
FECHA: 01/12/2019

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P.U (S/.)	PARCIAL (S/.)
4.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA VIA				138,588.53
4.01	CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO				
4.01.01.01	movilizacion de maquinaria cargador frontal sobre llantas	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
4.01.01.02	trazo y replanteo de la zona de corte	m2	3,295.43	1.20	3,954.52
4.01.01.03	riego para mitigacion de polvo	m2	3,295.43	2.70	8,897.66
4.01.01.04	corte con cargador frontal espesor 75cm	m3	2,471.57	26.75	66,114.58
4.01.01.05	eliminacion de material d=10km inc. 30% de esponjamiento	m3	3,213.05	17.00	54,621.77
Costo Directo :					138,588.53
Gastos Generales y Utilidad				7.00%	9,701.20
Sub Total					148,289.73
IGV				18.00%	26,692.15
Total					S/. 174,981.88

Figura 32. Presupuesto de obra con mejoramiento.

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados en porcentaje de costo se mostrarán en el capítulo de resultados, ahora luego de haber reconocido la influencia que tiene el CBR en el suelo a trabajar se reformula el plan de actividades a realizar para la estabilización de suelo con cemento lo que nos lleva a otra incógnita y es saber cuál es la dosificación correcta de cemento, a continuación, se muestra el plan de actividades a realizar para la estabilización de suelo con cemento en la obra:

SEGURIDAD COLECTIVA

- Se delimitará toda el área de trabajo con cinta señalizador amarilla.
- Las maquinarias tendrán su estacionamiento dentro de la parcela N°01 del ex fundo Oquendo.
- La caseta técnica, baños portátiles y duchas se encontrarán dentro de la parcela N°01 del ex fundo Oquendo.
- El acopio de material de relleno de préstamo se dejará dentro de la parcela N°01 del ex fundo Oquendo.

PROCESO CONSTRUCTIVO

- El trazo del área de corte se realizará con estación total y yeso.
- El corte será masivo y con cargador frontal, la profundidad de corte será de 75cm de estabilización de suelo, 20 cm de sub base de afirmado y 5 cm de carpeta asfáltica es decir en total se hará un corte de 1 m desde las cotas de rasante de la vía.
- La estabilización de suelo con cemento se realizará en 3 capas, la primera capa de 25 cm con un material de grava GM y/o GP=GC con presencia máxima de gravas de 4" (10cm) que cumplan con las características

ASHHTO A-1-a o ASHHTO A-1-b, el material de préstamo se extenderá con motoniveladora.

- Luego se procederá a la colocación del cemento con la proporción calculada del volumen del material de la capa, se humedecerá en relación al máximo contenido de humedad y se compactará hasta alcanzar las cotas respectivas.
- La compactación se empezará de los bordes hacia el centro y se efectuará hasta alcanzar el 98% de la máxima densidad seca del Proctor modificado (AASHTO T-180, método D) este trabajo se realizará con rodillos mecánicos de 10 ton.
- El control en cada capa será mediante pruebas de carga directa (ASTM 1194 ASTM 1196) en los puntos donde la supervisión indique debiendo tener los siguientes resultados como mínimo: para la primera capa el módulo de elasticidad secante será de 1200 kg/cm², para la segunda capa 1700 kg/cm² y para la tercera capa 2000 kg/cm².
- La eliminación del material del corte masivo será de la obra al botadero formal más cercano y se empleara volquetes y para cargar el material un cargador frontal, parte del material orgánico excavado será colocado en la parte externa del predio colindante al lindero norte a fin de hacer una jardinera para proteger el muro perimétrico existente de los impactos que puedan producirse por camiones que transitan por la zona, en dicho acopio se construirá un sardinel peraltado de 30cm con concreto $f'c=175$ kg/cm² con el fin de contener el material.

ETAPA 4: proceso de selección del tipo de estabilización, a continuación, se presentan algunos factores que se consideran al seleccionar el método más conveniente:

- Tipo de suelo a estabilizar
- Uso propuesto del suelo estabilizado
- Tipo de aditivo estabilizador de suelo
- Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicara
- Disponibilidad del tipo aditivo estabilizador
- Disponibilidad del equipo adecuado
- Costos comparativos

En esta etapa del plan de trabajo general se desarrolla nuestro objetivo específico 2 el cual es determinar la dosificación correcta y el tipo de aditivo a utilizar para la estabilización de suelo, en esta parte de la suficiencia profesional pongo mi experiencia a trabajar y propongo a mi superior en jefe utilizar como aditivo estabilizador el cemento portland tipo I ya que la experiencia ganada a través de los años me indica que es el más viable económicamente y se obtiene resultados favorables según las especificaciones técnicas de la obra, además que me basare en documentos legales para poder demostrar los resultados de mi propuesta.

Todo inicia con determinar el tipo de suelo a trabajar y clasificarlo según SUCS o AASHTO y para ello existe la figura 9.1 del manual de carreteras del MTC en su capítulo 8 el cual nos muestra un diagrama de cómo proceder para la correcta identificación de suelo, seguido a ello se muestra en la figura 9.2 el diagrama de proceso de selección del tipo de estabilización:

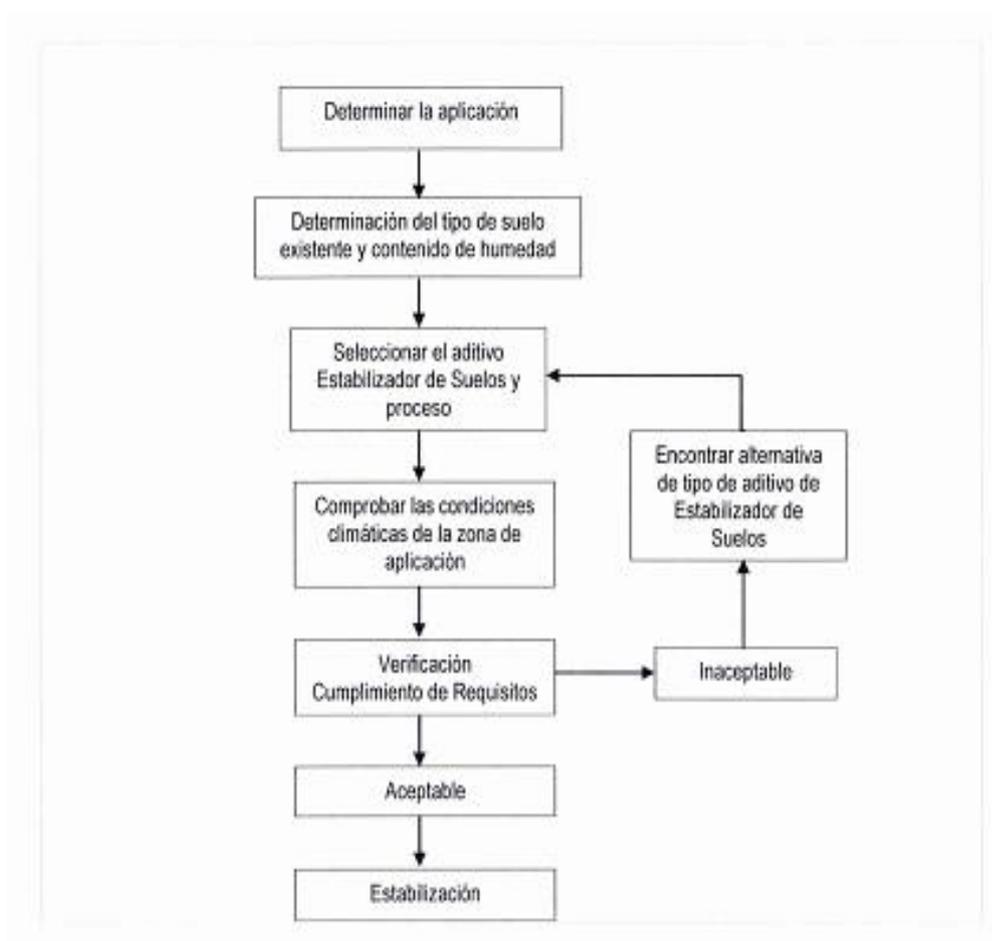


Figura 33. Flujograma para la estabilización de suelos.

Fuente: MTC 2014

Según el ensayo de clasificación de suelos en la calle auxiliar de la Av. Oquendo tenemos un suelo del tipo A-1-a según AASHTO de igual manera en parte de la calle G, partiendo de este punto procedemos a determinar la dosificación correcta para la estabilización de suelos para ello nos basaremos al diseño de mezcla recomendado por la PCA (portland cement asociation) y que se muestra en el cuadro 9.2 del manual de carreteras del MTC, en el siguiente cuadro podemos ver que tenemos una dosificación del 2 – 12% en peso de cemento respecto al suelo a estabilizar, así mismo aplico mis criterios para sustentar la elección del tipo de estabilizador según los factores del MTC:

Tabla 52

Factores para elegir dosificación correcta.

Factores para elegir la dosificación correcta según el MTC	
Factor	Criterios de respuesta
Tipo de suelo a estabilizar	Ya se identificó y es según AASHTO A-1-a
Uso propuesto del suelo estabilizado	Ya se determinó y es de uso industrial
Tipo de aditivo estabilizador de suelos	Mi propuesta es el cemento portland tipo I
Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicara.	5 obras como experiencia que se detallan en la descripción de la empresa de la presente investigación.
Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador	Por ser en el callao, es fácil suministro el cemento portland y en grandes cantidades.
Disponibilidad del equipo adecuado	La empresa pavimaq cuenta con maquinaria propia y adecuada para estos trabajos.
Costos comparativos	Se realizó el comparativo con la cal.

Fuente: Elaboración Propia.

Es en base a estos criterios que se determina la dosificación del cemento para utilizarlo como elemento estabilizador en la obra, para poder complementar esta decisión es que se muestra el cuadro 9.2 del manual de carreteras del MTC y se escoge el menor valor por ser el más económico pero que a su vez cumplirá con los requerimientos de calidad que solicita la obra de mejoramiento de suelo con cemento para calle auxiliar de la Av. Oquendo en el callao cuyo contratante es la inmobiliaria La Lomas de Oquendo s.a.c

Tabla 53

Dosificación de cemento

Tipo Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo	Dosificación	Curado (Apertura al Tránsito)	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO	A-1,A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7 LL > 40% IP ≥ 18% CMO < 1.0% Sulfatos < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	2 – 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A3 Pasante malla N°200 ≤ 10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO(2) < 1.0% Sulfatos < 0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	2 – 8 %	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marschall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CMO(2) < 3.0% Sulfatos < 0.6% Abrasión < 50%	4 – 8 %	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas diseño de mezcla de acuerdo a la norma ASTM D6272
Cloruro de Calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, A-3 IP ≤ 15% CMO(2) < 3.0% Sulfatos < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso de suelo seco	24 horas	

Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CMO(2) < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2, A-3 IP ≤ 15% CMO(2) < 3.0% Ph: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m ³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6 y A-2-7 6% ≤ IP ≤ 15% 4.5 < ph < 8.5 CMO(2) no debe contener Abrasión < 50% % ≤ N° 200: 10 - 35%	1L/30 - 33m ³	De acuerdo a especificaciones del fabricante	
Aceites sulfanados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO(2) < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a especificaciones del fabricante	

Fuente: MTC 2014

Una vez obtenido la dosificación propuesta en base a las tablas del manual de carreteras, en el capítulo de suelos, es que procede a realizar los trabajos en campo y para ello tenemos el siguiente informe fotográfico de campo de cómo se ejecutó la obra:

- Se inicia con la excavación masiva con cargador frontal.



Figura 34. Inicio de trabajos de corte en obra.

Fuente: Elaboración Propia

- Una vez escarificado el material antiguo con el apoyo de la motoniveladora se procede al batido del material nuevo en base de afirmado.



Figura 35. Escarificado de terreno.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 36. Mezclado de material con cemento.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 37. Supervisión del autor de los trabajos realizados.

Fuente: Elaboración Propia.

- Se le adicionara agua para generar una mezcla homogénea el cual batido se procede a ser extendido.



Figura 38. Regado con agua al material escarificado.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 39. Regado de la segunda capa compactada.

Fuente: Elaboración Propia.

- Se usará para esta partida cemento Portland tipo 1, con el apoyo manual y de equipo Bobcat, se procede a la colocación de cemento a la mezcla de afirmado batido.



Figura 40. Supervisión del cemento agregado al suelo.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 41. Agregado del cemento en la segunda capa de suelo.

Fuente: Elaboración Propia.

- Para un óptimo trabajo se adicionará cemento en 2 pasadas es decir se realiza un proceso de batido tanto del afirmado, así como el cemento, se adiciona agua para generar que los elementos químicos del cemento estén listos y reaccionen.



Figura 42. Verificación del mezclado de cemento con el suelo.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 43. Vaciado de cemento al suelo tercera capa.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 44. Regado con agua a la tercera capa compactada.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 45. Mezclado de material tercera capa.

Fuente: Elaboración Propia.

- Colocado, batido y extendido se procede a la nivelación con el apoyo de la motoniveladora, luego de este proceso al punto topográfico se procede a la compactación con el apoyo de un rodillo de 14tn de peso.



Figura 46. Escarificado de cemento con el suelo tercera capa.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 47. Nivelación topográfica de la tercera capa.

Fuente: Elaboración Propia.

- Ya con el apoyo de este maquina se procede a verificar nuevamente los niveles para verificar la horizontalidad del terreno y el CBR para así poder recibir el nuevo asfalto.



Figura 48. Supervisión del autor a la puerta de carga directa.

Fuente: Elaboración Propia.

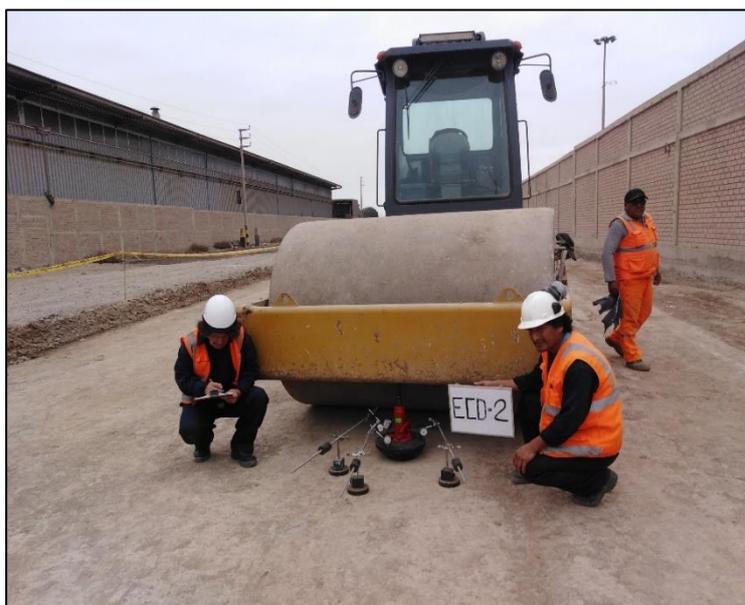


Figura 49. Ensayo de carga directa 2 - tercera capa.

Fuente: Elaboración Propia.

ETAPA 5: control, en esta etapa de la obra tiene que ver sobre el control de calidad que se ha llevado en todas las etapas antes mencionadas y con esto desarrollaremos nuestro objetivo específico 3 el cual es determinar la influencia que tiene el cemento en la estabilización de suelo en los 15 ensayos de carga directa, como se indicó anteriormente en el procedimiento de trabajo se realizara 3 capas de 25 cm y en cada capa se realizara 5 pruebas de carga ubicadas por la supervisión de obra, es en base a estas pruebas que se determinara el antes y después de la capacidad portante del suelo en términos de CBR y se calculara su influencia en porcentaje, además de ello se verificara que los ensayos cumplan con lo solicitado en las especificaciones técnicas referido al módulo de elasticidad secante mínimo.

Para dar inicio a esta etapa debemos tener en cuenta que ya se cortó el suelo hasta las cotas indicadas en el perfil de la vía y que es -1m del nivel de rasante.

PRIMERA CAPA ESPESOR 25cm

Para la primera capa de trabajo se ha cortado y eliminado el material de campo, así mismo se ha realizado pruebas de ensayo de clasificación de suelos para el material de préstamo que servirá para la primera capa de estabilización de suelo de la pista para ello recurrimos de la tabla de medidas de obra teniendo para la calle vía auxiliar y calle G:

Tabla 54

Cálculo de bolsas de cemento al 2%.

CALLE	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ESPESOR DE CAPA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO ESP. (gr/cm ³)	CEMENTO 2% EN PESO (kg)	BOLSA DE CEMENTO (42.5kg)
Vía Auxiliar	225.07	10.2	25	573.928	2.65	30,418.18	716
G	85.01	13.2	25	280.533	2.65	14,868.25	350

Fuente: Elaboración Propia.

JORGE DÍAZ COLLANTES - ING. CIVIL				
Av. Vicos I-18, Urb. La Capulina, Sgo. de Surco, Lima 33, Teléfonos : 449-5769 / 988-671-004, E-mail : jwdiaz@hotmail.com				
SOLICITANTE : INMOBILIARIA LAS LOMAS DE OQUENDO S.A.C.				
OBRA : Construcción de Pistas y Veredas para Habilitación Urbana (Control N° 1 - Primera Capa de Relleno Estructural Estabilizado con Cemento Portland)				
UBICACIÓN : Av. Oquendo s/n, Callao, Lima				
FECHA : 02 de Diciembre del 2019				
RESUMEN DE ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO				
I - ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS :				
Ubicación:	Relleno Estructural			C-1 (Relleno Estructural, M-1) : GM
Calicata:	C-1			a) Porcentajes para Clasificación : 61.00 % de grava fina a gruesa, 26.00 % de arena fina a gruesa, 13.00 % de finos no plásticos.
Muestra:	M-1			b) Nombre de Grupo : grava limosa con arena.
Profundidad, [m]:	0.00 - 0.20			c) Condición In Situ : compacta, ligeramente húmeda, color marrón claro.
Prof. Nivel Freático, [m]:	N.P.			d) Interpretación Geológica : depósito tecnógeno.
Porcentaje que pasa	3"	76.000		
	2"	50.800		
	1 1/2"	38.100	100.00	
	1"	25.400	80.80	
	3/4"	19.050	73.90	
	3/8"	9.525	48.30	
	No 4	4.760	39.00	
	No 10	2.000	30.60	
	No 20	0.840	26.00	
	No 40	0.420	23.80	
	No 60	0.250	22.10	
	No 140	0.105	14.50	
No 200	0.074	13.00		
Límites de Consistencia, [%]	L. L.	15.8		
	L. P.	N.P.		
	I. P.	N.P.		
	L. C.			
Clasificación (SUCS)	GM			
Clasificación (AASHTO)	A1-a (0)			
Contenido de Humedad, [%]				
Gravedad Específica, Gs		2.65		
II - ENSAYOS QUÍMICOS :				
Cont. Sales Solubles Totales, [%]				Observaciones
Contenido de Ion Sulfato, [%]				
Contenido de Ion Cloruro, [%]				
PH				
Revisado : Ing. J.D.C. Página 1 de 2				

Figura 50. Resultados de ensayos de clasificación de suelos.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

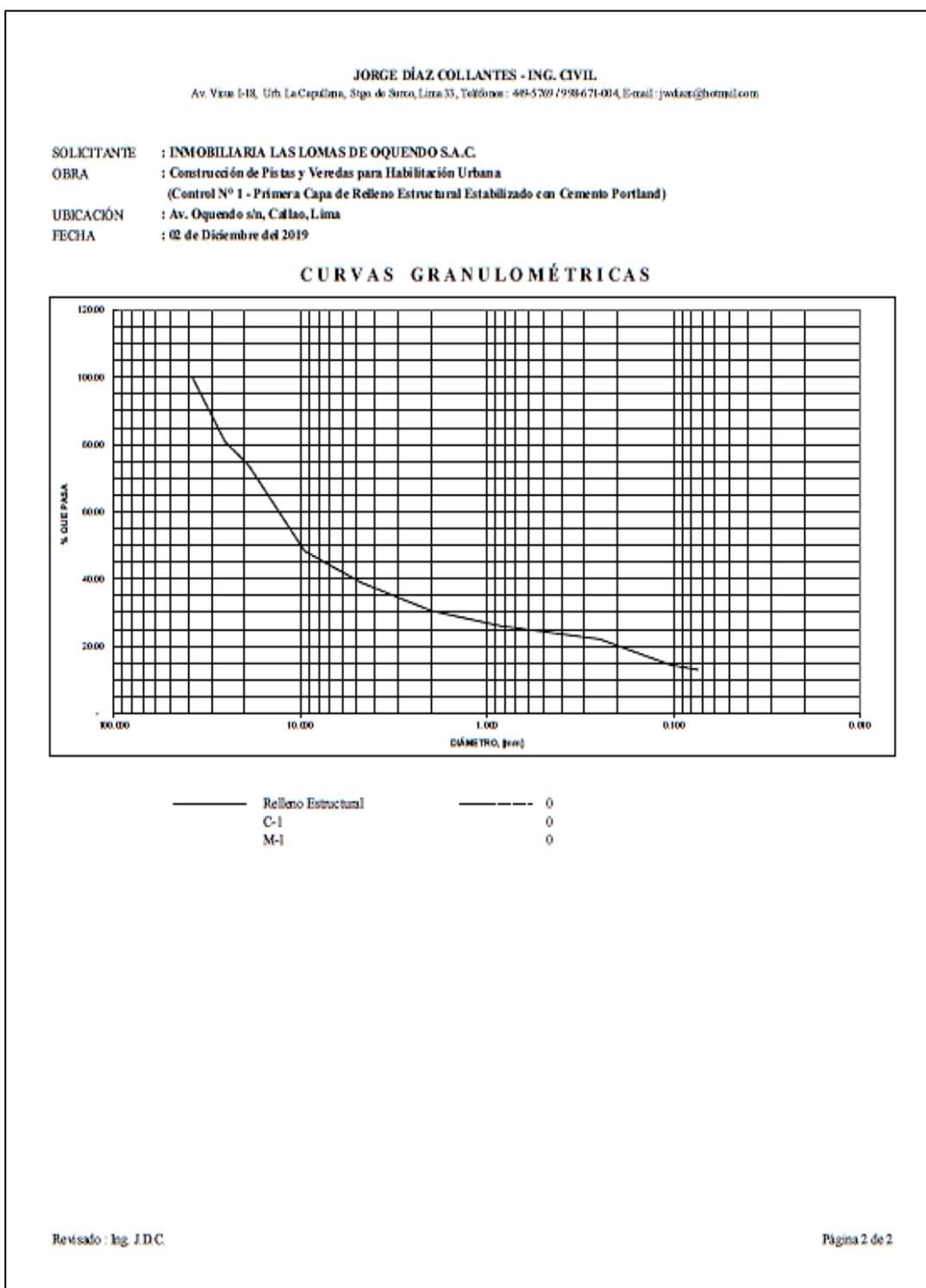


Figura 51. Curva granulométrica del suelo a trabajar.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

Luego de haber calculado la cantidad de cemento a utilizar por calle se procede a la escarificación y combinación del material de préstamo con el cemento, seguidamente se procede a la compactación con rodillo liso de 10tn y se procede a la prueba de carga directa en los 5 puntos de la primera capa de relleno y el ensayo de Proctor modificado.

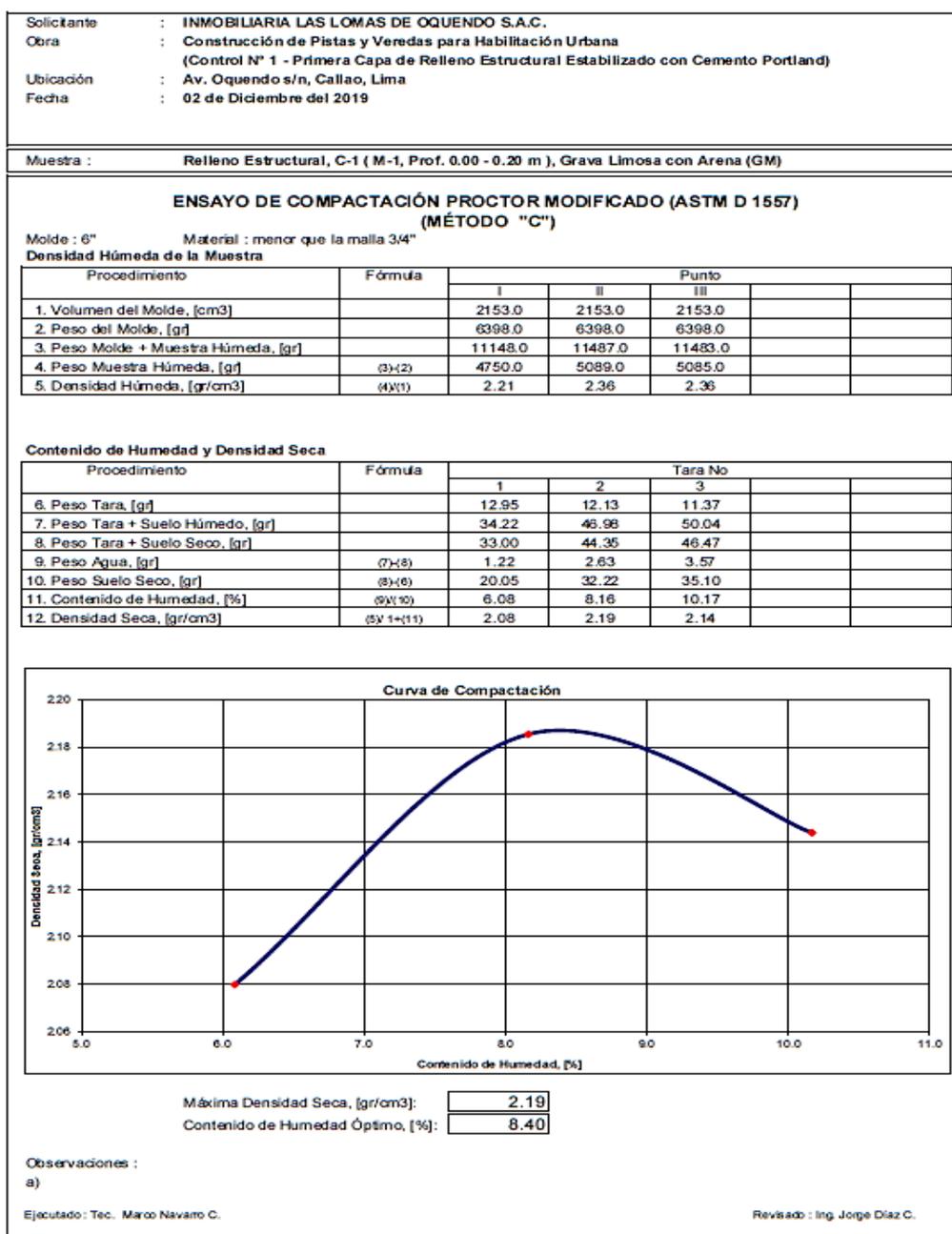


Figura 52. Resultados de ensayo de proctor modificado al suelo de la Av. Oquendo.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

ENSAYO DE CARGA DIRECTA (ECD-1) (ASTM D 1196)									
SOLICITANTE :		INMOBILIARIA LAS LOMAS DE OQUENDO S.A.C.							
OBRA :		Construcción de Pistas y Veredas para Habitación Urbana (Control N° 1 - Primera Capa de Relleno Estructural Estabilizado con Cemento Portland)							
UBICACIÓN :		Av. Oquendo s/n, Ventanilla, Callao, Lima							
FECHA :		30 de Noviembre del 2019							
Diámetro de Placa :		8.0' (20.32 centímetros)							
Área de la Placa :		324.29 cm ²							
Profundidad :		superficial, sobre primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)							
Gata :		10.0 toneladas							
Dial Manómetro :		0.0 a 6,000 PSI							
Ubicación	Lecturas Presiones			Tiempo Transcurrido		Lectura	Lectura	Lectura	Asentamiento Promedio (mm)
	Lect. Dial (PSI)	Presión (kg/cm ²)	Carga kg	Dt (min.)	Dt (seg)	Dial N° 1 (0.01 mm)	Dial N° 2 (0.01 mm)	Dial N° 3 (0.01 mm)	
ECD-1	367.0	1.00	324.3	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	734.0	2.00	648.7	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	1468.0	4.00	1297.4	0	0	20	0	30	0.17
				2	120	20	5	30	0.18
				6	360	20	5	30	0.18
				10	600	20	5	30	0.18
				14	840	20	5	30	0.18
				16	960	20	5	30	0.18
	2202.0	6.00	1946.0	0	0	50	35	90	0.58
				2	120	65	50	105	0.73
				6	360	65	50	105	0.73
				10	600	65	50	105	0.73
				14	840	65	50	105	0.73
				16	960	65	50	105	0.73
	2936.0	8.00	2594.7	0	0	90	70	150	1.03
				2	120	105	85	175	1.22
				6	360	105	85	175	1.22
				10	600	105	85	175	1.22
				14	840	105	85	175	1.22
				16	960	105	85	175	1.22
3670.0	10.00	3243.4	0	0	145	110	240	1.65	
			2	120	160	110	265	1.78	
			6	360	165	110	265	1.80	
			10	600	165	110	265	1.80	
			14	840	165	110	265	1.80	
			16	960	165	110	265	1.80	
0	0.0	0	0	0	140	75	190	1.35	

Figura 53. Resultados de ensayos de carga directa 1 al suelo de la Av. Oquendo.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

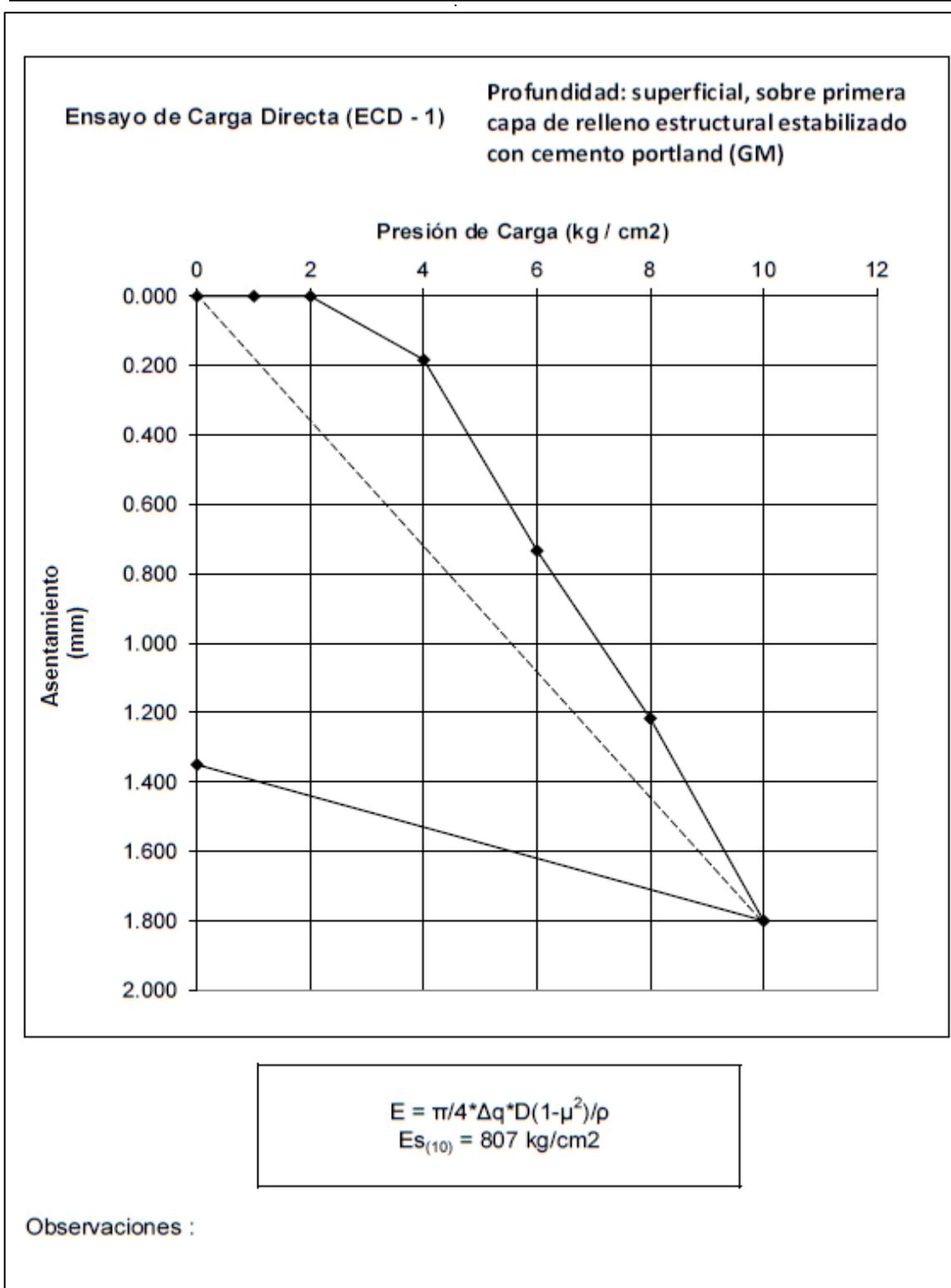


Figura 54. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 1.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

ENSAYO DE CARGA DIRECTA (ECD-2) (ASTM D 1196)

SOLICITANTE : INMOBILIARIA LAS LOMAS DE OQUENDO S.A.C.
OBRA : Construcción de Pistas y Veredas para Habilitación Urbana
 (Control N° 1 - Primera Capa de Relleno Estructural Estabilizado con Cemento Portland)
UBICACIÓN : Av. Oquendo s/n, Ventanilla, Callao, Lima
FECHA : 30 de Noviembre del 2019

Diámetro de Placa : 8.0' (20.32 centímetros)
Área de la Placa : 324.29 cm²
Profundidad : superficial, sobre primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)
Gata : 10.0 toneladas
Dial Manómetro : 0.0 a 6,000 PSI

Ubicación	Lecturas Presiones			Tiempo Transcurrido		Lectura Dial N° 1 (0.01 mm)	Lectura Dial N° 2 (0.01 mm)	Lectura Dial N° 3 (0.01 mm)	Asentamiento Promedio (mm)
	Lect. Dial (PSI)	Presión (kg/cm ²)	Carga kg	Dt (min.)	Dt (seg)				
ECD-2	367.0	1.00	324.3	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	734.0	2.00	648.7	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	1468.0	4.00	1297.4	0	0	0	10	20	0.10
				2	120	10	10	30	0.17
				6	360	10	10	30	0.17
				10	600	10	10	30	0.17
				14	840	10	10	30	0.17
				16	960	10	10	30	0.17
	2202.0	6.00	1946.0	0	0	40	40	90	0.57
				2	120	45	45	105	0.65
				6	360	45	45	105	0.65
				10	600	45	45	105	0.65
				14	840	45	45	105	0.65
				16	960	45	45	105	0.65
	2936.0	8.00	2594.7	0	0	80	70	145	0.98
				2	120	100	80	160	1.13
				6	360	100	80	160	1.13
				10	600	100	80	160	1.13
				14	840	100	80	160	1.13
				16	960	100	80	160	1.13
3670.0	10.00	3243.4	0	0	125	105	210	1.47	
			2	120	145	120	230	1.65	
			6	360	145	120	230	1.65	
			10	600	145	120	230	1.65	
			14	840	145	120	230	1.65	
			16	960	145	120	230	1.65	
0	0.0	0	0	0	120	70	150	1.13	

Figura 55. Resultados de ensayos de carga directa 2 al suelo de la Av. Oquendo.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

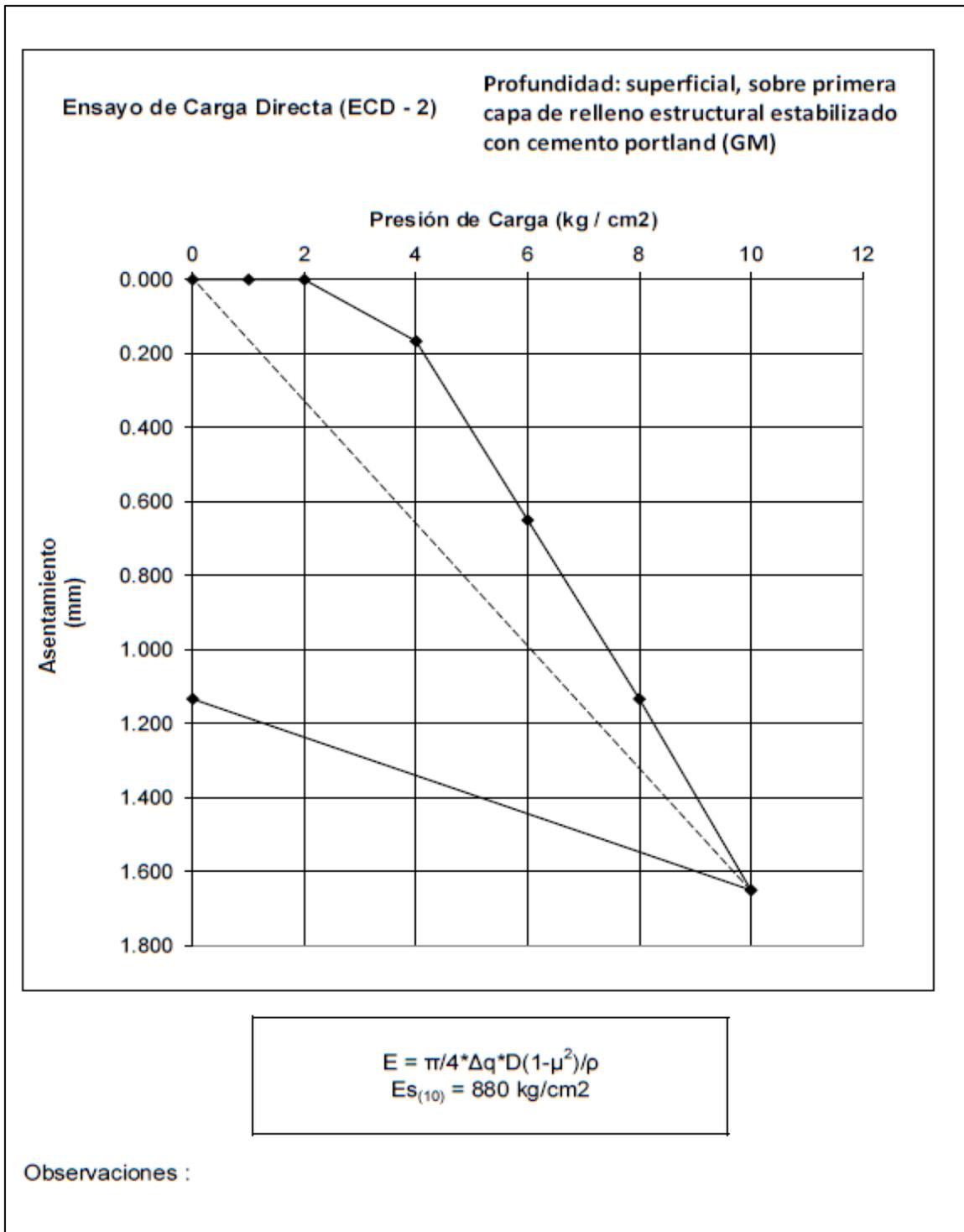


Figura 56. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 2.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

ENSAYO DE CARGA DIRECTA (ECD-3) (ASTM D 1196)

SOLICITANTE : INMOBILIARIA LAS LOMAS DE OQUENDO S.A.C.
 OBRA : Construcción de Pistas y Veredas para Habilitación Urbana
 (Control N° 1 - Primera Capa de Relleno Estructural Estabilizado con Cemento Portland)
 UBICACIÓN : Av. Oquendo s/n, Ventanilla, Callao, Lima
 FECHA : 30 de Noviembre del 2019

Diámetro de Placa : 8.0' (20.32 centímetros)
 Área de la Placa : 324.29 cm²
 Profundidad : superficial, sobre primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)
 Gata : 10.0 toneladas
 Dial Manómetro : 0.0 a 6,000 PSI

Ubicación	Lecturas Presiones			Tiempo Transcurrido		Lectura Dial N° 1 (0.01 mm)	Lectura Dial N° 2 (0.01 mm)	Lectura Dial N° 3 (0.01 mm)	Asentamiento Promedio (mm)
	Lect. Dial (PSI)	Presión (kg/cm ²)	Carga kg	Dt (min.)	Dt (seg)				
ECD-3	367.0	1.00	324.3	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	734.0	2.00	648.7	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	1468.0	4.00	1297.4	0	0	10	0	10	0.07
				2	120	20	0	10	0.10
				6	360	20	0	10	0.10
				10	600	20	0	10	0.10
				14	840	20	0	10	0.10
				16	960	20	0	10	0.10
	2202.0	6.00	1946.0	0	0	50	10	40	0.33
				2	120	65	10	50	0.42
				6	360	65	10	50	0.42
				10	600	65	10	50	0.42
				14	840	65	10	50	0.42
				16	960	65	10	50	0.42
	2936.0	8.00	2594.7	0	0	85	15	65	0.55
				2	120	100	25	75	0.67
				6	360	100	25	75	0.67
				10	600	100	25	75	0.67
				14	840	100	25	75	0.67
				16	960	100	25	75	0.67
3670.0	10.00	3243.4	0	0	110	30	95	0.78	
			2	120	125	30	105	0.87	
			6	360	125	30	105	0.87	
			10	600	125	30	105	0.87	
			14	840	125	30	105	0.87	
			16	960	125	30	105	0.87	
0	0.0	0	0	0	90	30	70	0.63	

Figura 57. Resultados de ensayos de carga directa 3 al suelo de la Av. Oquendo.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

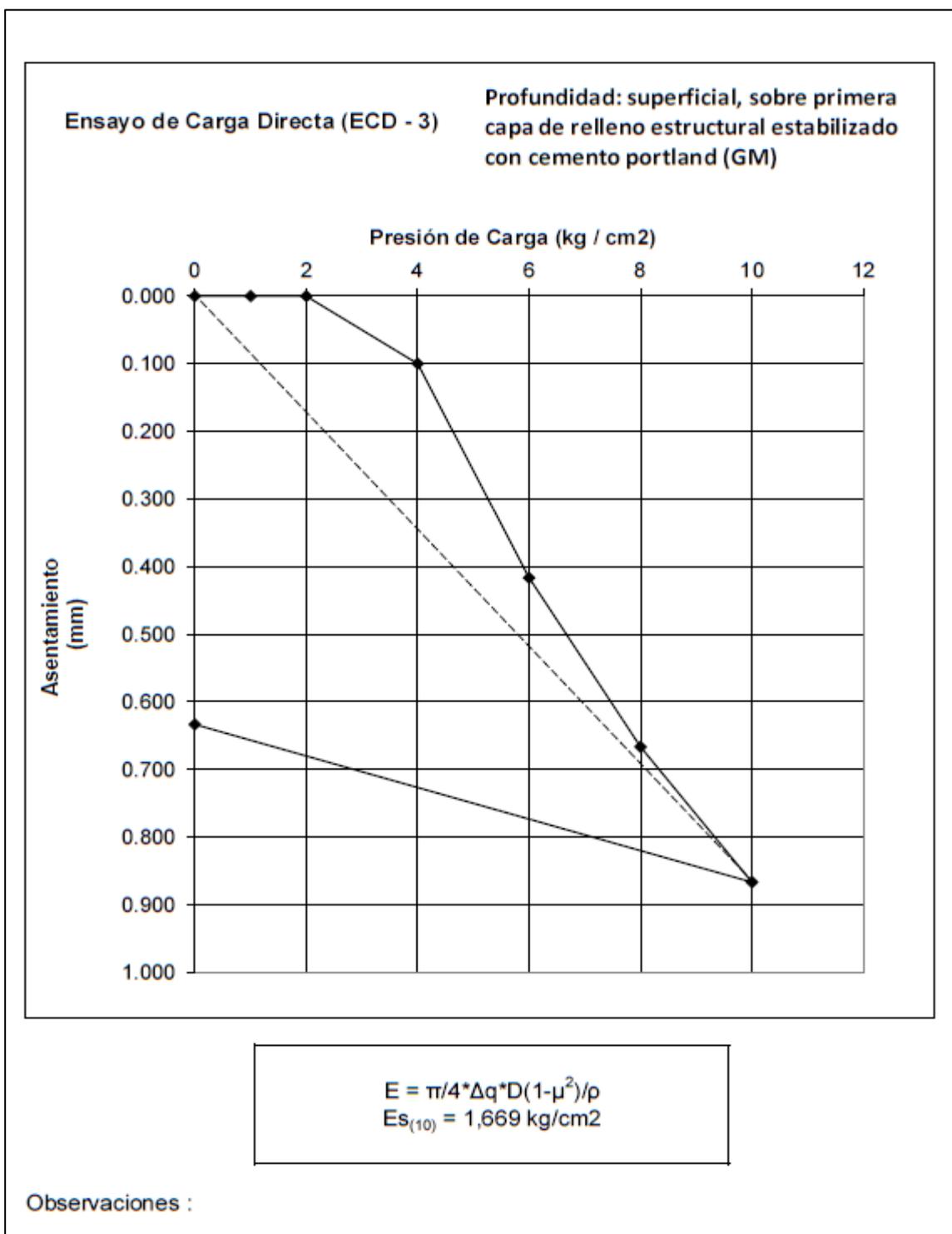


Figura 58. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 3.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

ENSAYO DE CARGA DIRECTA (ECD-4) (ASTM D 1196)

SOLICITANTE : INMOBILIARIA LAS LOMAS DE OQUENDO S.A.C.
OBRA : Construcción de Pistas y Veredas para Habilitación Urbana
 (Control N° 1 - Primera Capa de Relleno Estructural Estabilizado con Cemento Portland)
UBICACIÓN : Av. Oquendo s/n, Ventanilla, Callao, Lima
FECHA : 30 de Noviembre del 2019

Diámetro de Placa : 8.0' (20.32 centímetros)
Área de la Placa : 324.29 cm²
Profundidad : superficial, sobre primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)
Gata : 10.0 toneladas
Dial Manómetro : 0.0 a 6,000 PSI

Ubicación	Lecturas Presiones			Tiempo Transcurrido		Lectura Dial N° 1 (0.01 mm)	Lectura Dial N° 2 (0.01 mm)	Lectura Dial N° 3 (0.01 mm)	Asentamiento Promedio (mm)
	Lect. Dial (PSI)	Presión (kg/cm ²)	Carga kg	Dt (min.)	Dt (seg)				
ECD-4	367.0	1.00	324.3	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	734.0	2.00	648.7	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	1468.0	4.00	1297.4	0	0	5	0	10	0.05
				2	120	5	10	10	0.08
				6	360	10	10	10	0.10
				10	600	10	10	10	0.10
				14	840	10	10	10	0.10
				16	960	10	10	10	0.10
	2202.0	6.00	1946.0	0	0	15	20	15	0.17
				2	120	20	25	20	0.22
				6	360	20	25	20	0.22
				10	600	20	25	20	0.22
				14	840	20	25	20	0.22
				16	960	20	25	20	0.22
	2936.0	8.00	2594.7	0	0	50	50	40	0.47
				2	120	60	60	50	0.57
				6	360	60	60	50	0.57
				10	600	60	60	50	0.57
				14	840	60	60	50	0.57
				16	960	60	60	50	0.57
3670.0	10.00	3243.4	0	0	80	80	60	0.73	
			2	120	95	95	70	0.87	
			6	360	95	95	70	0.87	
			10	600	95	95	70	0.87	
			14	840	95	95	70	0.87	
			16	960	95	95	70	0.87	
0	0.0	0	0	0	70	70	40	0.60	

Figura 59. Resultados de ensayo de carga directa 4 al suelo de la Av. Oquendo.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

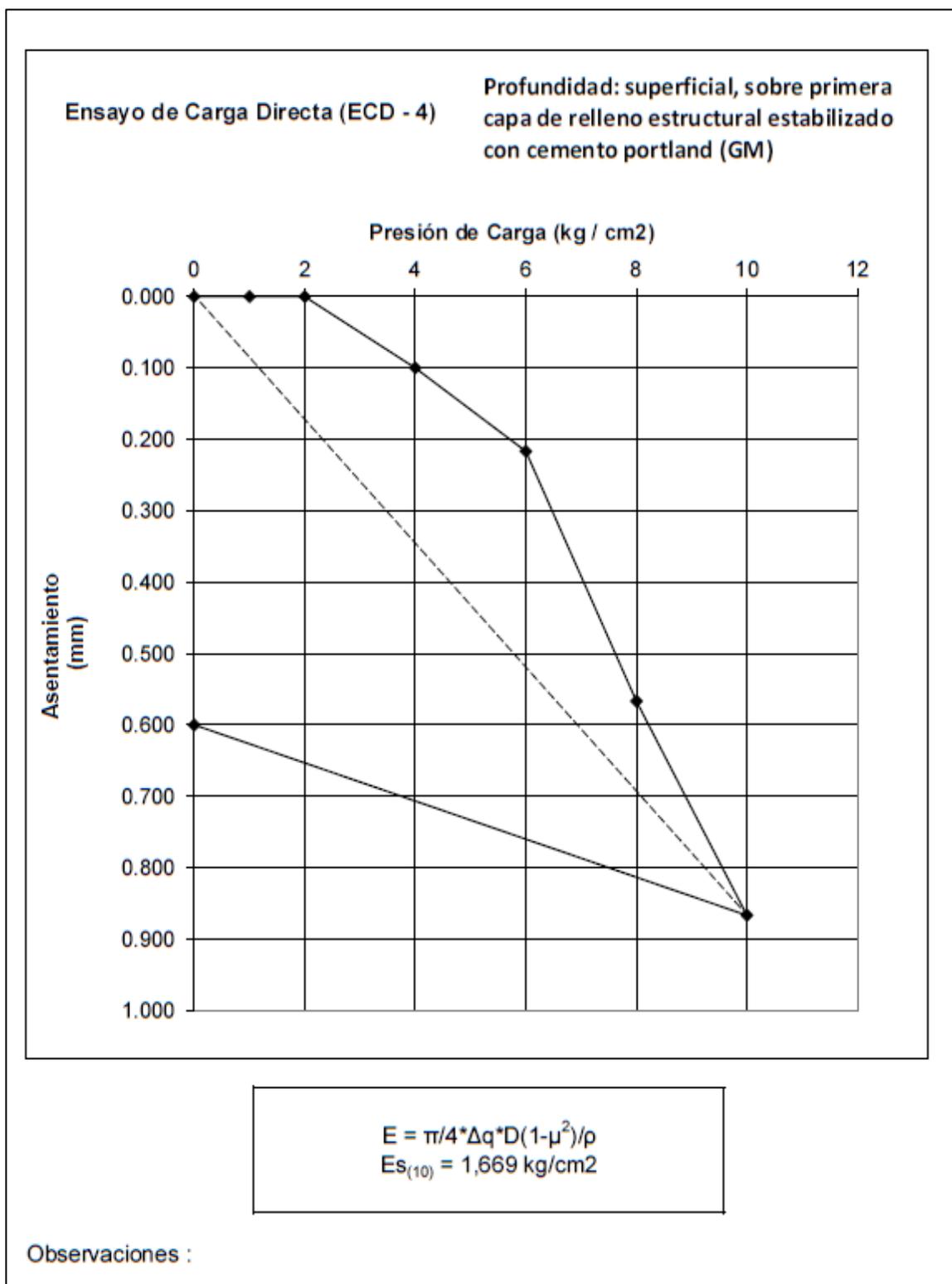


Figura 60. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 4.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

ENSAYO DE CARGA DIRECTA (ECD-5) (ASTM D 1196)									
SOLICITANTE :		INMOBILIARIA LAS LOMAS DE OQUENDO S.A.C.							
OBRA :		Construcción de Pistas y Veredas para Habilitación Urbana (Control N° 1 - Primera Capa de Relleno Estructural Estabilizado con Cemento Portland)							
UBICACIÓN :		Av. Oquendo s/n, Ventanilla, Callao, Lima							
FECHA :		30 de Noviembre del 2019							
Diámetro de Placa :		8.0' (20.32 centímetros)							
Área de la Placa :		324.29 cm ²							
Profundidad :		superficial, sobre primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)							
Gata :		10.0 toneladas							
Dial Manómetro :		0.0 a 6,000 PSI							
Ubicación	Lecturas Presiones			Tiempo Transcurrido		Lectura	Lectura	Lectura	Asentamiento Promedio (mm)
	Lect. Dial (PSI)	Presión (kg/cm ²)	Carga kg	Dt (min.)	Dt (seg)	Dial N° 1 (0.01 mm)	Dial N° 2 (0.01 mm)	Dial N° 3 (0.01 mm)	
ECD-5	367.0	1.00	324.3	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	734.0	2.00	648.7	0	0	0	0	0	0.00
				2	120	0	0	0	0.00
				6	360	0	0	0	0.00
				10	600	0	0	0	0.00
				14	840	0	0	0	0.00
				16	960	0	0	0	0.00
	1468.0	4.00	1297.4	0	0	0	5	15	0.07
				2	120	0	5	15	0.07
				6	360	0	5	15	0.07
				10	600	0	5	15	0.07
				14	840	0	5	15	0.07
				16	960	0	5	15	0.07
	2202.0	6.00	1946.0	0	0	20	20	50	0.30
				2	120	35	30	55	0.40
				6	360	35	30	65	0.43
				10	600	35	30	65	0.43
				14	840	35	30	65	0.43
				16	960	35	30	65	0.43
	2936.0	8.00	2594.7	0	0	50	40	80	0.57
				2	120	50	40	95	0.62
				6	360	50	40	95	0.62
				10	600	50	40	95	0.62
				14	840	50	40	95	0.62
				16	960	50	40	95	0.62
3670.0	10.00	3243.4	0	0	70	50	130	0.83	
			2	120	80	60	140	0.93	
			6	360	95	60	145	1.00	
			10	600	95	60	145	1.00	
			14	840	95	60	145	1.00	
			16	960	95	60	145	1.00	
0	0.0	0	0	0	65	60	90	0.72	

Figura 61. Resultado de ensayo de carga directa 5 al suelo de la Av. Oquendo.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

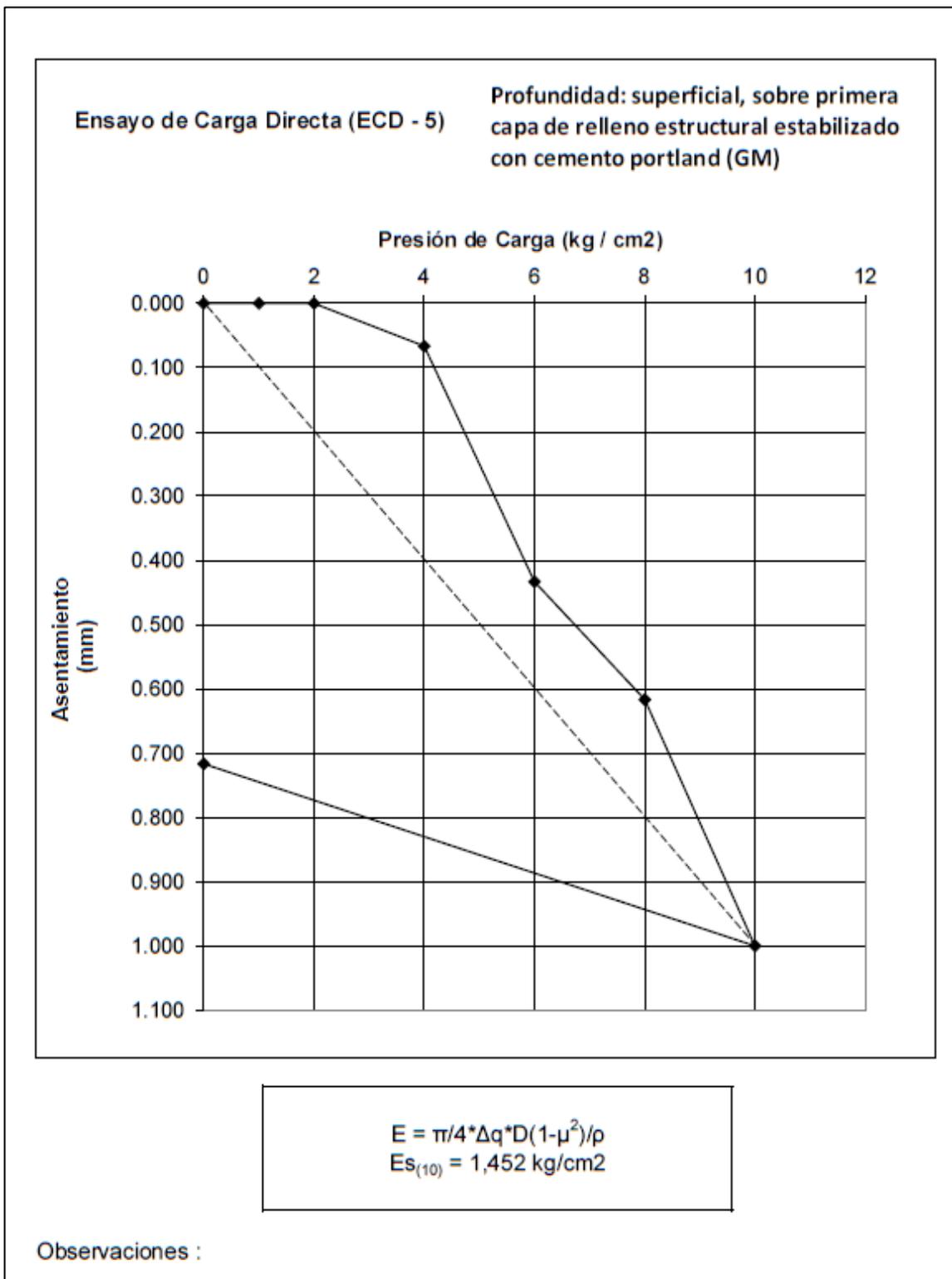


Figura 62. Gráfico de presión de carga - ensayo de carga directa 5.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c



Figura 63. Ensayo de carga directa 1 - primera capa.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 64. Ensayo de carga directa 2 - primera capa.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 65. Ensayo de carga directa 4 - primera capa.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 66. Ensayo de carga directa 5 - primera capa.

Fuente: Elaboración Propia.

MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE EN TERMINOS DE CBR PARA SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO EN UNA DOSIFICACION DE 2% EN LA AV. OQUENDO, CALLAO.

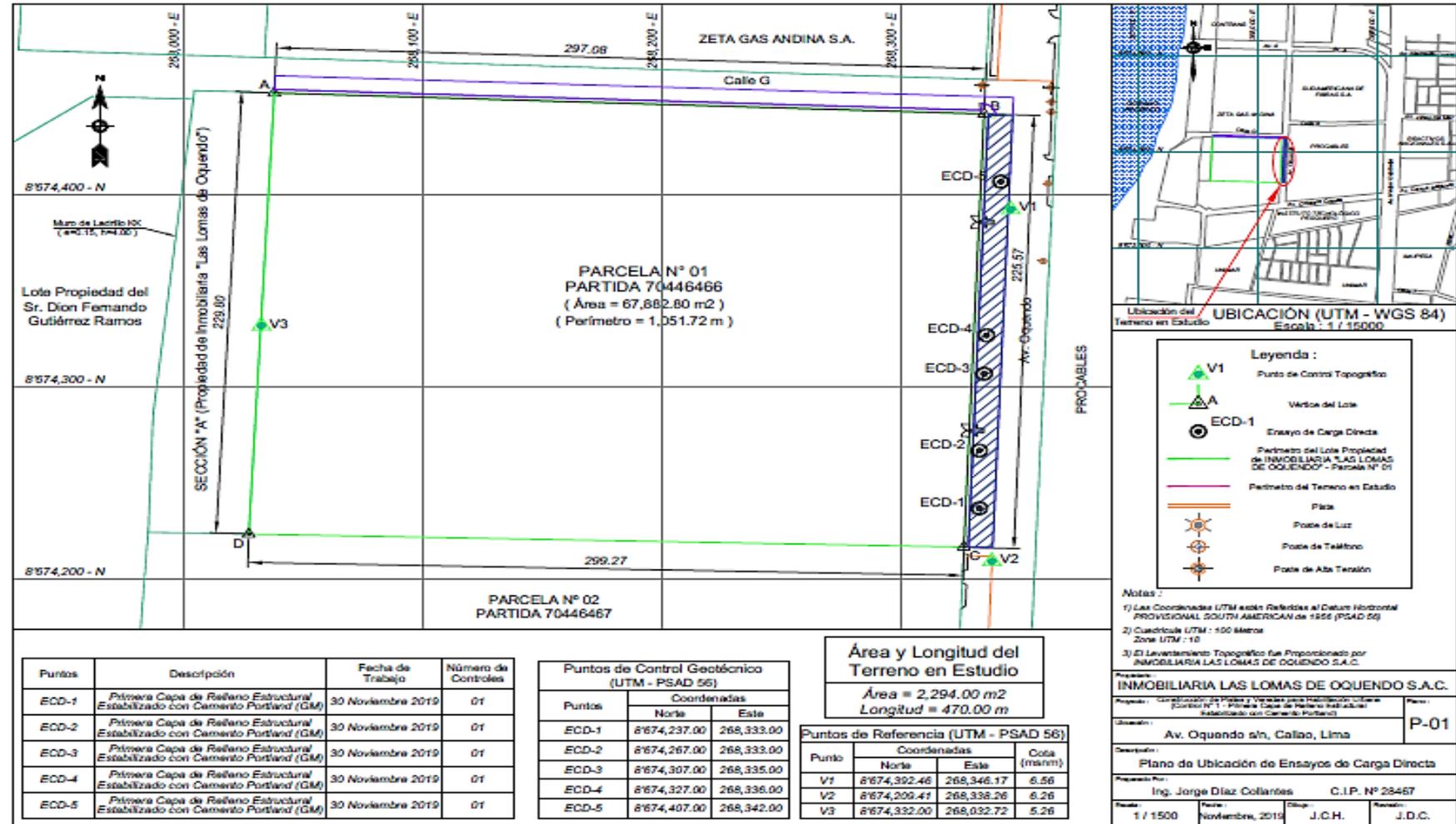


Figura 67. Plano de ubicación de puntos de ensayos de carga directa.

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

De la misma manera se ha realizado en las capas 2 y 3 de espesor de 25 cm, estos formatos de ensayos, evidencias fotográficas y planos de ubicación de los ECD están en el anexo de este trabajo de suficiencia profesional, ahora demostraremos mediante datos de asentamiento y módulo de deformación secante la influencia que tiene el cemento en su dosificación de 2% en los trabajos de estabilización de suelos de la obra:

Tabla 55

Resultados de ensayo de carga directa primera capa

Ensayo	Descripción de Suelo	Módulo de Deformación Secante (Es), del Ensayo de Carga (kg/cm ²)	Coefficiente de Reacción de la Subrasante, k (kg/cm ³)
ECD - 1	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	807	20.70
ECD - 2	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	880	21.00
ECD - 3	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	1,669	28.20
ECD - 4	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	1,669	28.20
ECD - 5	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	1,452	27.10

Fuente: Empresa Pavimaq Sac

Según las especificaciones técnicas del proyecto se debe de llegar a un módulo de deformación secante (Es) de 1200kg/cm², en la sección de resultados se mostrarán los datos de los mismos para demostrar la influencia que tiene el cemento en el suelo de la calle auxiliar Av. Oquendo.

Para nuestro objetivo general que es determinar el aumento de porcentaje en términos de CBR con cemento en 2% para la calle auxiliar de la Av. Oquendo debemos tener en cuenta que el manual de carreteras del MTC indica que aquellos suelos que ha de utilizarse con fines de subrasantes para pavimentación no deben ser menores al 6% ya que un valor menor a ello significa que es una subrasante pobre que se tendría que mejorar, cambiar o estabilizar el suelo con algún aditivo, se muestra la información del cuadro 13.7 del MTC:

Tabla 56

Categoría de sub rasante según CBR

Categoría de Sub Rasante	CBR
Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
Sub rasante pobre	DE CBR ≥ 3% A CBR < 6%
Sub rasante regular	DE CBR ≥ 6% A CBR < 10%
Sub rasante buena	DE CBR ≥ 10% A CBR < 20%
Sub rasante muy buena	DE CBR ≥ 20% A CBR < 30%
Sub rasante extraordinaria	CBR ≥ 30 %

Fuente: MTC 2014

En la sección 9.1 del manual de carreteras del MTC (2014) en su capítulo de estabilización de suelos nos dice que no se considerara apto los suelos con un CBR menor al 6%, donde el ingeniero responsable analizara diversas alternativas de estabilización o de solución, como: estabilización mecánica, reemplazo del suelo, estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, estabilización con geo sintéticos, pedraplenes,

capas de arena, elevar la rasante o cambiar el trazo vial si las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas.

Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente, los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas o las arenas limosas o arcillosas, en este caso tenemos nuestro ensayo de carga directa realizada al suelo existente de la vía auxiliar de la Av. Oquendo que ya se presentó en el desarrollo del objetivo específico 1 y que servirá para desarrollar el objetivo específico general es de vital importancia mostrar el antes y después de la capacidad portante del suelo en términos de CBR, tenemos, no sin antes mostrar los cuadros 10.1 y 10.2 del manual de carreteras del MTC donde tenemos CBR mínimos para sub base granular y base granular que es lo que se tiene por objetivo principal determinar el aumento de capacidad portante comparando la sub base con la base granular, tenemos:

Tabla 57

Valor relativo de soporte en sub base granular

CBR en Sub base Granular	Mínimo 40%
--------------------------	------------

Fuente: MTC 2014

Tabla 58

Valor relativo de soporte en base granular

Para carreteras de segunda clase, tercera clase, bajo volumen de tránsito; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10$	Mínimo 80%
Para carreteras de primera clase, carreteras duales o multicarril, Autopistas; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $>10 \times 10$	Mínimo 100%

Fuente: MTC 2014

Como se puede apreciar en nuestro caso al tener un pavimento industrial debemos tener un valor de CBR mínimo de 40% para la sub base y para la base un valor de mínimo de 100%, luego de los ensayos de carga directa de 1 a 10kg/cm² realizadas en el suelo natural y que son 5 en total tenemos los siguientes resultados, cabe mencionar que todos los datos mostrados han sido del consultor geotécnico el Ing. Jorge Diaz Collantes C.I.P. 28467:

Tabla 59

Resultados de ensayo de carga directa a la sub base

Ensayo	Descripción de Suelo	Módulo de Deformación Secante (Es), del Ensayo de Carga (kg/cm ²)	Coefficiente de Reacción de la Subrasante, k (kg/cm ³)	California Bearing Ratio, CBR (%)
ECD - 1	Grava pobremente graduada con arena y canto (GP)	750	23.20	35.34
ECD - 2	Grava pobremente graduada con arena y canto (GP)	543	20.40	28.96
ECD - 3	Grava pobremente graduada con arena y canto (GP)	587	22.20	39.98
ECD - 4	Grava pobremente graduada con arena y canto (GP)	727	25.00	41.23
ECD - 5	Grava pobremente graduada con arena y canto (GP)	640	21.50	27.56

Fuente: Empresa Pavimaq Sac

Como se puede apreciar en la imagen se tienen CBR muy bajos para el tipo de uso que se le quiere dar al pavimento, así mismo no cumple con lo especificado en el manual de carreteras del MTC y tampoco cumple con las especificaciones técnicas del proyecto, entonces para ello se realizó la estabilización del suelo con cemento en una dosificación del 2% en peso con lo cual se volvió a realizar las pruebas de carga directa de 1 a 10 kg/cm² en la capa 1, 2 y 3 de espesor de 25cm cada uno, así tenemos:

PARA LA CAPA 1:

Tabla 60

Resultados de ensayo de carga directa a la capa 1

Ensayo	Descripción de Suelo	Módulo de Deformación Secante (Es), del Ensayo de Carga (kg/cm ²)	Coefficiente de Reacción de la Subrasante, k (kg/cm ³)	California Bearing Ratio, CBR (%)
ECD - 1	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	807	20.70	96.50
ECD - 2	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	880	21.00	98.57
ECD - 3	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	1,669	28.20	164.01
ECD - 4	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	1,669	28.20	164.01
ECD - 5	Primera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	1,452	27.10	153.81

Fuente: Empresa Pavimaq Sac

PARA LA CAPA 2:

Tabla 61

Resultados de ensayo de carga directa a la capa 2

Ensayo	Descripción de Suelo	Módulo de Deformación Secante (Es), del Ensayo de Carga (kg/cm²)	Coefficiente de Reacción de la Subrasante, k (kg/cm³)	California Bearing Ratio, CBR (%)
ECD - 1	Segunda capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	2,305	28.70	164.01
ECD - 2	Segunda capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	3,227	30.70	190.70
ECD - 3	Segunda capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM))	4,538	32.00	204.68
ECD - 4	Segunda capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	4,841	33.30	219.07
ECD - 5	Segunda capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	2,420	29.40	177.14

Fuente: Empresa Pavimaq Sac

Fuente: Empresa Pavimaq s.a.c

PARA LA CAPA 3:

Tabla 62

Resultados de ensayo de carga directa a la capa 3

Ensayo	Descripción de Suelo	Módulo de Deformación Secante (Es), del Ensayo de Carga (kg/cm²)	Coefficiente de Reacción de la Subrasante, k (kg/cm³)	California Bearing Ratio, CBR (%)
ECD - 1	Tercera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	1,709	27.40	156.30
ECD - 2	Tercera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	2,017	28.20	164.00
ECD - 3	Tercera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	1,424	26.60	148.80
ECD - 4	Tercera capa de relleno estructural estabilizado con cemento portland (GM)	2,168	28.70	169.20

Fuente: Empresa Pavimaq Sac

Como se puede apreciar en los cuadros de resultados de los 5 ensayos de carga directa en las 3 capas de estabilización de suelo con cemento, existe una relación entre el módulo de deformación, el coeficiente de reacción y el CBR, vemos que tienen una relación directamente proporcional.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Para determinar el mejoramiento de la capacidad portante en términos de CBR para suelos estabilizados con cemento en una dosificación de 2% en la Av. Oquendo, sea realizado los pasos según el procedimiento que este trabajo de suficiencia profesional ha utilizado y como resultados principales tenemos:

Luego de identificar a los interesados del proyecto, sigue la priorización de cada uno de ellos para eso se elaboró la matriz de interés vs influencia y tenemos:

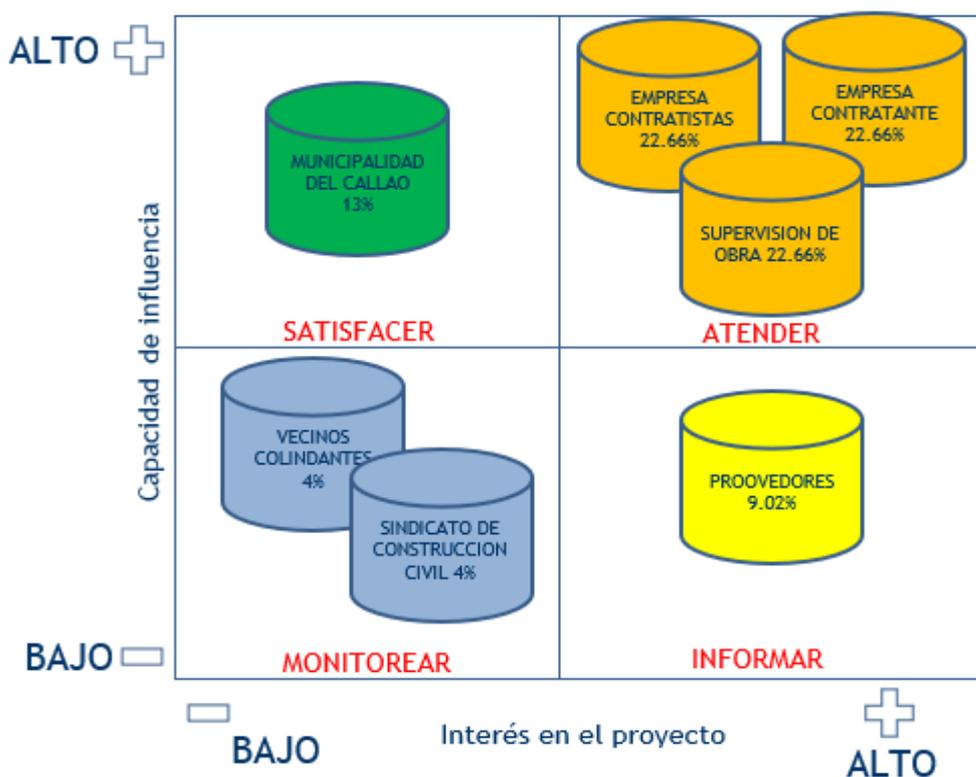


Figura 68. Matriz de influencia vs interés.

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultados del objetivo específico 1 tenemos los cuadros comparativos de presupuestos de corte de terreno ya que la influencia del CBR en el suelo de la calle auxiliar de la Av. Oquendo se vio afectada por el CBR pobre que tenía ya que si este hubiese tenido un valor optimo no se hubiese tenido que realizar un corte de espesor de 75cm si no de 20cm, esto en el aspecto económico de la obra tiene un impacto fuerte, así mismo tenemos como resultado del levantamiento topográfico los perfiles longitudinales y plano de planta de las progresivas de la calle, ya que esto nos sirvió para poder cuantificar el volumen que se cortara gracias al las cotas verticales de terreno y horizontales del ancho de la vía y su longitud total.

COMPARATIVO DE PRESUPUESTOS DE CORTE

PROYECTO : CONSTRUCCION DE LA CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO
CONTRATISTA: PAVIMAQ S.A.C
CLIENTE: Promoción Inmobiliaria del Sur S.A.
UBICACIÓN: Callao- Lima
FECHA: 01/12/2019

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P.U (S/.)	PARCIAL (S/.)
1.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA VIA				
1.01	CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO				
1.01.01	CORTE DE TERRENO SIN MEJORAMIENTO E:20 cm	GLB	1.00	63,191.29	63,191.29
1.01.02	CORTE DE TERRENO CON MEJORAMIENTO E:75 cm	GLB	1.00	174,981.88	174,981.88
DIFERENCIA EN COSTO					-S/ 111,790.59
DIFERENCIA EN PORCENTAJE					36%
AUMENTO EN PORCENTAJE 20cm vs 75cm					276.91%

Figura 69. Comparativo de presupuesto de corte en Av. Oquendo.

Fuente: Elaboración Propia.

La diferencia en costo de s/. 111,790.59 y en porcentaje de 36%, así mismo haciendo un comparativo respecto al corte de 20cm se tiene que en un corte de 75cm es 276.91% más costoso.

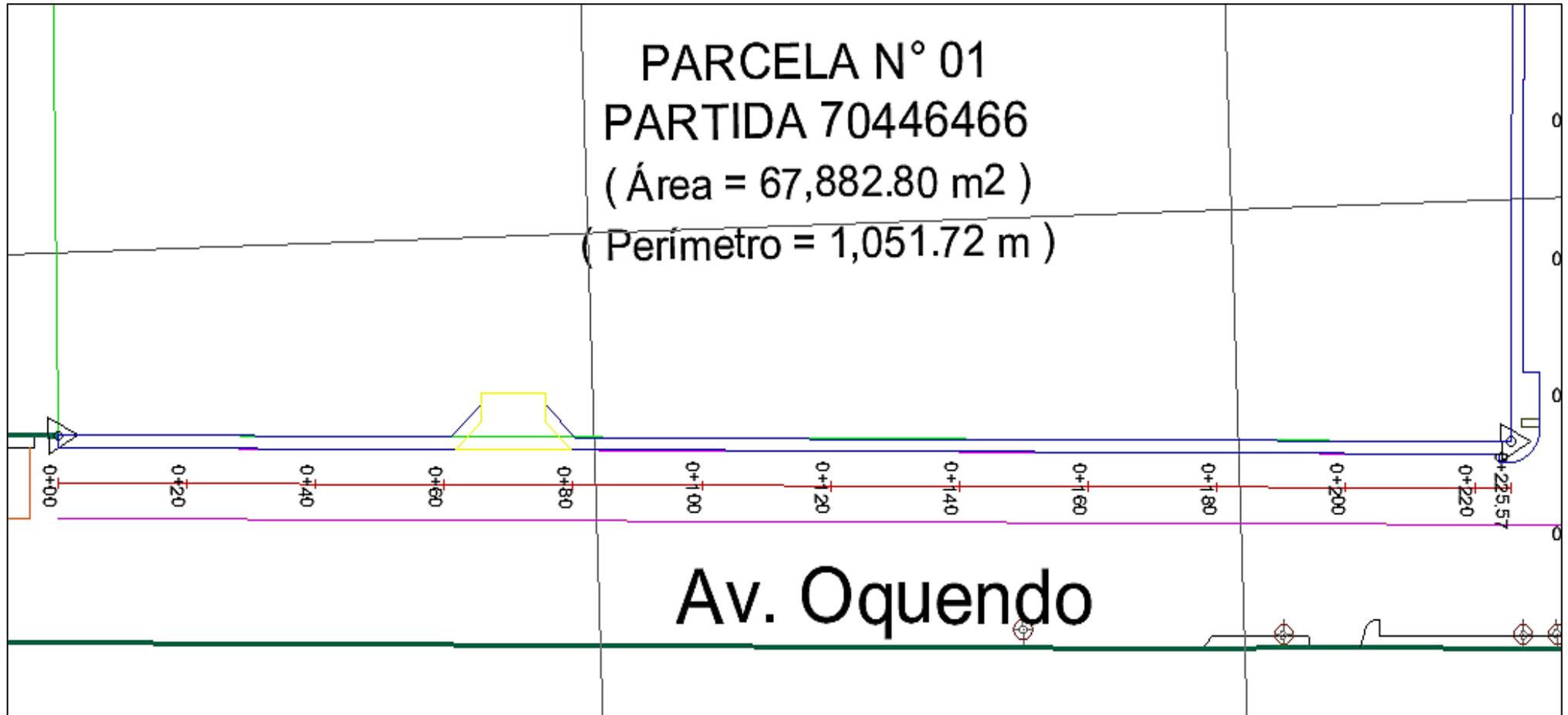


Figura 70. Plano de planta de la Av. Oquendo.

Fuente: Elaboración Propia.

PERFIL CALLE AUXILIAR-AV. OQUENDO

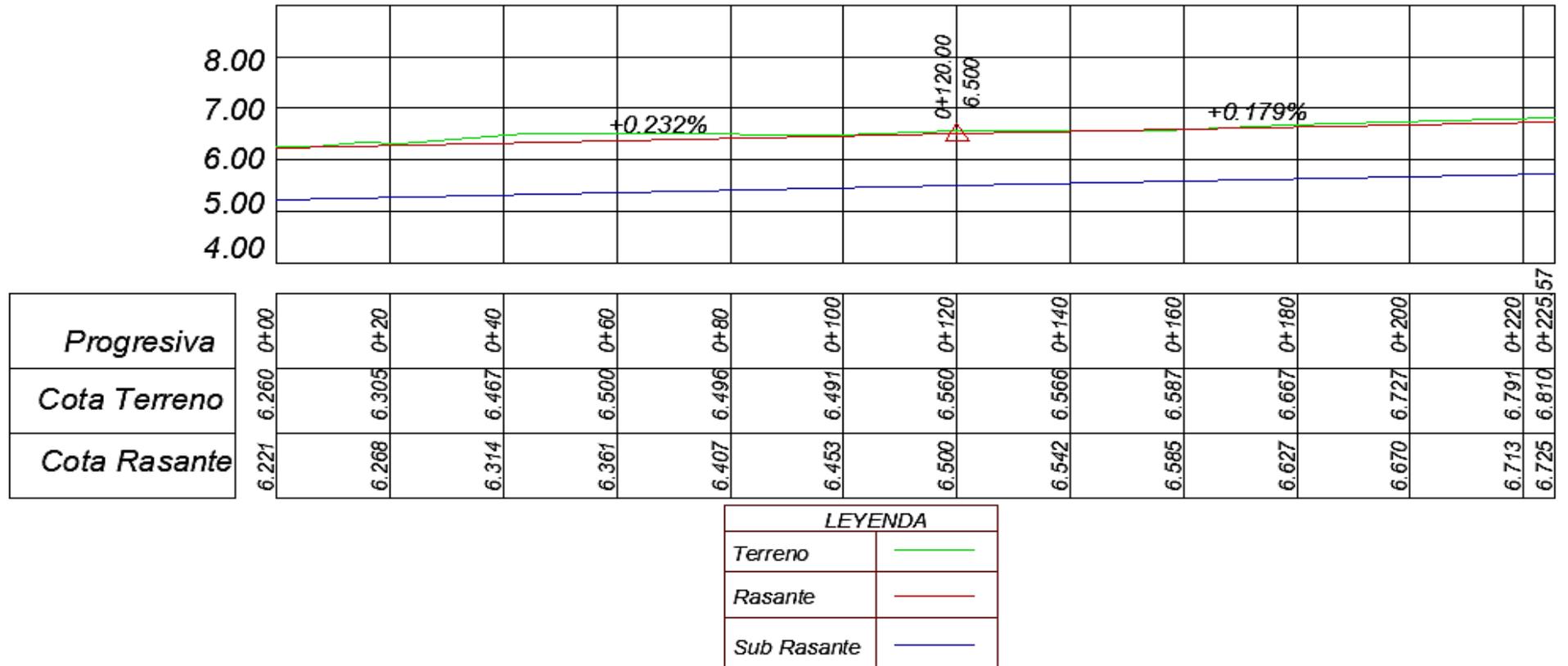


Figura 71. Perfil de la Av. Oquendo.

Fuente: Elaboración Propia.

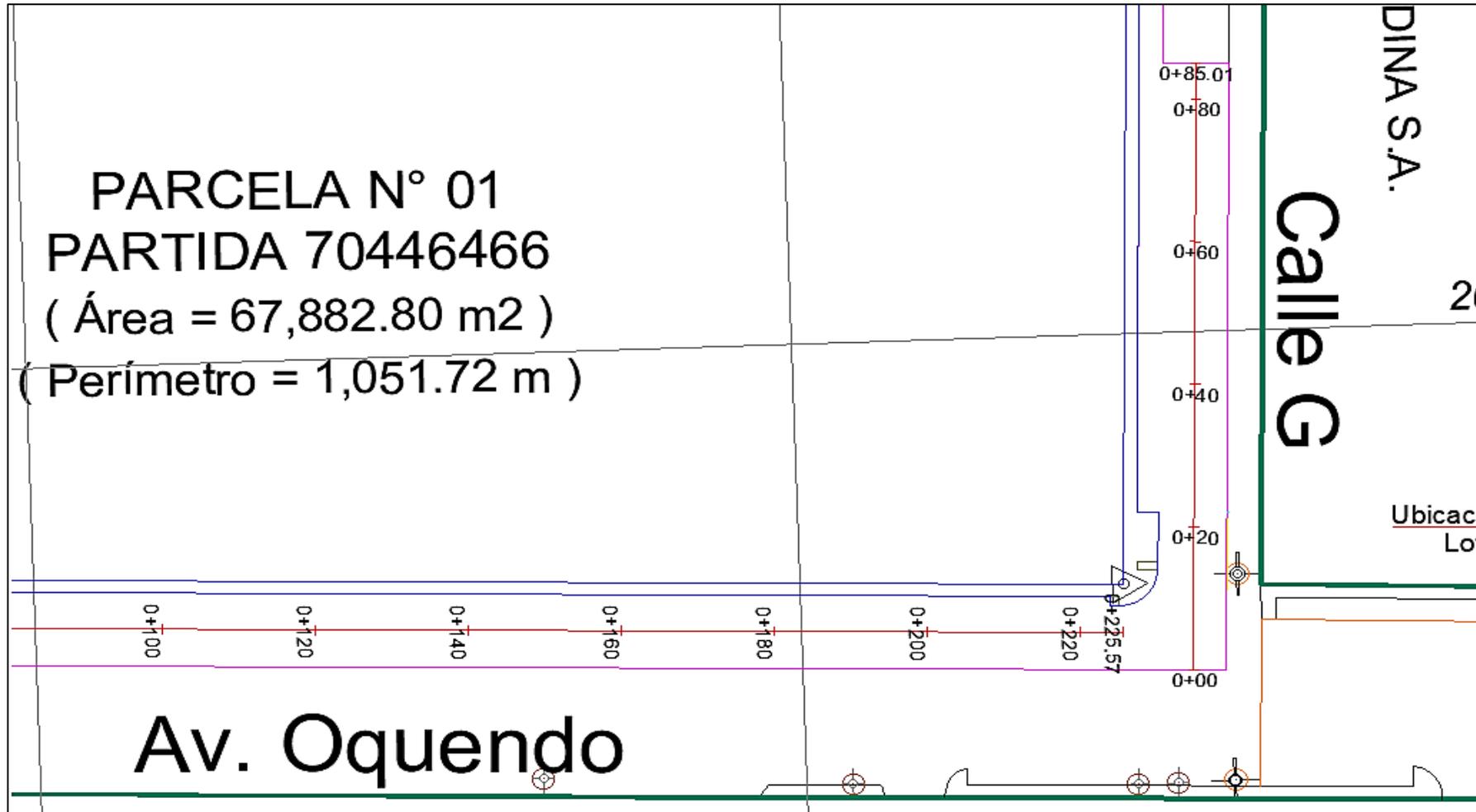
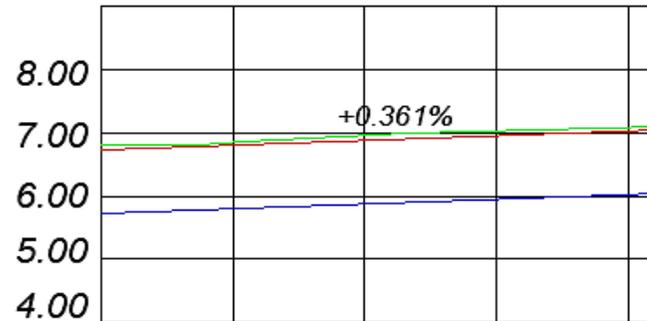


Figura 72. Plano de planta de la calle G.

Fuente: Elaboración Propia.

PERFIL CALLE G



Progresiva	0+00	0+20	0+40	0+60	0+80	0+85.01
Cota Terreno	6.810	6.840	6.961	7.029	7.078	7.091
Cota Rasante	6.725	6.797	6.869	6.942	7.001	7.032

LEYENDA	
Terreno	
Rasante	
Sub Rasante	

Figura 73. Perfil de calle G.

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultados del objetivo específico 2 que responden a determinar la dosificación correcta de cemento para la estabilización del suelo en la calle auxiliar de la Av. Oquendo y la calle G, vamos a mostrar una tabla resumida de los factores que nos ayudaron a tomar la decisión de añadir un 2% de cemento en peso respecto al material de préstamo tipo GM.

Tabla 63.

Factores para dosificación, según MTC.

Factores para elegir la dosificación correcta a partir de lo recomendado por el MTC	
Factores	Criterios de respuesta
1. Suelo tipo A-1-a	Tiene un CBR pobre
2. Pavimento industrial	Su tráfico será de 20×10^6
3. Cemento portland	Tipo I, hay en marcas sol, apu, pacasmayo
4. Ferreterías cercanas a la obra	Ver tabla de precios
5. Pavimaq y sus maquinarias propias	Motoniveladora, cargador frontal, retro excavadora, rodillo 10 ton.
6. Costos comparativos	Ver tabla comparativa con la cal.

Fuente: Elaboración Propia.

Es gracias a la PCA que nos recomienda su diseño de mezcla que va de 2 al 12% de cemento en peso, pero como se explicó en el desarrollo del objetivo específico 2, lo que se busca es economizar y por ello y en base a mi experiencia adoptamos un 2% de cemento en peso del material de préstamo con ello tendremos resultados que satisfagan las especificaciones técnicas del proyecto y del manual de carreteras del MTC, así mismo para poder cumplir con los factores para elegir una dosificación correcta hemos realizado un análisis comparativo de cemento con cal.

PRECIOS DE CEMENTO SEGÚN DISTRIBUIDORAS

PROYECTO : CONSTRUCCION DE LA CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO
 CONTRATISTA: PAVIMAQ S.A.C
 CLIENTE: Inmobiliaria Las Lomas de Oquendo sac
 UBICACIÓN: Callao- Lima
 FECHA: 01/12/2019

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CEMENTO PORTLAND TIPO I		
			SOL	APU	PACASMAYO
1.00	CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO				
1.01	DISTRIBUIDORAS				
1.00	MAESTRO HOME CENTER	und	22.20		23.40
2.00	PROMART CENTER	und	22.30	20.50	23.50
3.00	SODIMAC	und	22.30	20.50	24.46

Figura 74. Comparativo de precios de cemento.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la tabla de resultados a las cotizaciones realizadas a las distribuidoras grandes a nivel de lima y callao es que el cemento APU tanto en Promart como en Sodimac tienen el mismo precio y es el más cómodo de las tres alternativas, sin embargo por temas de logística ya que el establecimiento de Maestro queda más cerca de la obra con lo cual se reduce el costo de flete a la obra, además por recomendación del experto que realizo el estudio geotécnico nos recomendó utilizar el cemento Sol tipo I.

A continuación, también para fortalecer los factores que ayudan a elegir el estabilizador correcto y a su vez la dosificación adecuada es que tenemos como resultado unos presupuestos comparativos entre el cemento Sol tipo I de 42.5kg y la cal de 20kg para la obra de estabilización, con esto reforzaremos la decisión de la dosificación del 2% de cemento en peso para la estabilización de la calle auxiliar de la Av. Oquendo y la calle G.

PRESUPUESTO DETALLADO POR PARTIDAS

PROYECTO : CONSTRUCCION DE LA CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO
CONTRATISTA: PAVIMAQ S.A.C
CLIENTE: Inmobiliaria Las Lomas de Oquendo sac
UBICACIÓN: Callao- Lima
FECHA: 01/12/2019

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P.U (S/.)	PARCIAL (S/.)
4.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA VIA				207,008.93
4.01	CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO				
4.01.01.01	movilizacion de maquinaria cargador frontal sobre llantas	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
4.01.01.02	trazo y replanteo de la zona de corte	m2	3,295.43	1.20	3,954.52
4.01.01.03	riego para mitigacion de polvo	m2	3,295.43	2.70	8,897.66
4.01.01.04	corte con cargador frontal espesor 75cm	m3	2,471.57	26.75	66,114.58
4.01.01.05	cemento portland SOL tipo I (42.5kg)	bolsa	3,082.00	22.20	68,420.40
4.01.01.06	eliminacion de material d=10km inc. 30% de esponjamiento	m3	3,213.05	17.00	54,621.77
Costo Directo :					207,008.93
Gastos Generales y Utilidad				7.00%	14,490.63
Sub Total					221,499.56
IGV				18.00%	39,869.92
Total					S/. 261,369.48

Figura 75. Presupuesto con estabilizador de cemento.

Fuente: Elaboración Propia.

PRESUPUESTO DETALLADO POR PARTIDAS

PROYECTO : CONSTRUCCION DE LA CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO
CONTRATISTA: PAVIMAQ S.A.C
CLIENTE: Inmobiliaria Las Lomas de Oquendo sac
UBICACIÓN: Callao- Lima
FECHA: 01/12/2019

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P.U (S/.)	PARCIAL (S/.)
4.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA VIA				229,628.95
4.01	CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO				
4.01.01.01	movilizacion de maquinaria cargador frontal sobre llantas	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
4.01.01.02	trazo y replanteo de la zona de corte	m2	3,295.43	1.20	3,954.52
4.01.01.03	riego para mitigacion de polvo	m2	3,295.43	2.70	8,897.66
4.01.01.04	corte con cargador frontal espesor 75cm	m3	2,471.57	26.75	66,114.58
4.01.01.05	cal para obra bolsa 20kg	bolsa	6,549.67	13.90	91,040.41
4.01.01.06	eliminacion de material d=10km inc. 30% de esponjamiento	m3	3,213.05	17.00	54,621.77
Costo Directo					229,628.95
Gastos Generales y Utilidad				7.00%	16,074.03
Sub Total					245,702.97
IGV				18.00%	44,226.54
Total					S/. 289,929.51

Figura 76. Presupuesto con estabilizador de cal.

Fuente: Elaboración Propia.

COMPARATIVO DE PRESUPUESTOS

PROYECTO : CONSTRUCCION DE LA CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO
CONTRATISTA: PAVIMAQ S.A.C
CLIENTE: Inmobiliaria Las Lomas de Oquendo sac
UBICACIÓN: Callao- Lima

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P.U (S./.)	PARCIAL (S./.)
1.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA VIA				
1.01	CALLE AUXILIAR AV. OQUENDO				
1.01.01	PRESUPUESTO CON CEMENTO 2%	GLB	1.00	207,008.93	207,008.93
1.01.02	PRESUPUESTO CON CAL 2%	GLB	1.00	229,628.95	229,628.95
DIFERENCIA EN COSTO					-S/ 22,620.01
DIFERENCIA EN PORCENTAJE					90.15%
CEMENTO VS CAL					10.93%

Figura 77. Comparativo de presupuesto cemento vs cal.

Fuente: Elaboración Propia.

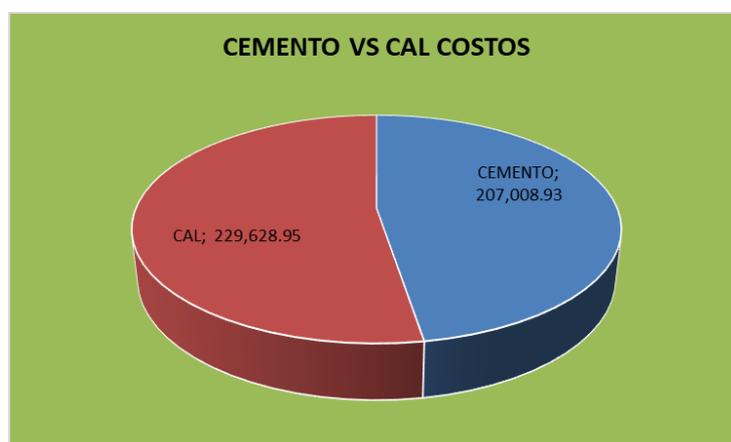


Figura 78. Grafico comparativo de costos cemento vs cal.

Fuente: Elaboración Propia.

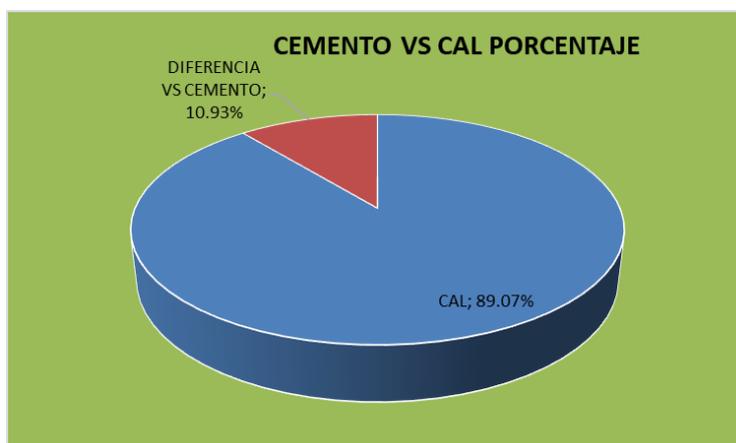


Figura 79. Grafico comparativo porcentual cemento vs cal.

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultados del objetivo específico 3 que responde a la influencia que tiene el cemento en la estabilización de suelo en los 15 ensayos de carga directa en la Av. Oquendo tenemos 2 factores con el cual vamos a determinarla, la primera es el asentamiento y la segunda es el módulo de elasticidad secante del suelo tenemos los siguientes resultados:

Tabla 64.

Resultados de módulo de elasticidad secante capa 1.

N° ENSAYO CAPA 1	MODULO DE ELASTICIDAD SECANTE INICIAL (ES) kg/m ²	MODULO DE ELASTICIDAD SECANTE CAPA 1 (ES) kg/m ²	% DE AUMENTO
ECD-01	752	807	7.31
ECD-02	543	880	62.06
ECD-03	587	1669	184.32
ECD-04	727	1669	129.57
ECD-05	640	1452	126.87

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 65.

Resultados de módulo de elasticidad secante capa 2.

N° ENSAYO CAPA 2	MODULO DE ELASTICIDAD SECANTE CAPA 1 (ES) kg/m ²	MODULO DE ELASTICIDAD SECANTE CAPA 2 (ES) kg/m ²	% DE AUMENTO
ECD-01	807	1709	111.77
ECD-02	880	2017	129.20
ECD-03	1669	1424	-14.68
ECD-04	1669	2168	29.90
ECD-05	1452	2040	40.49

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 66.

Resultados de módulo de elasticidad secante capa 3.

N° ENSAYO CAPA 3	MODULO DE ELASTICIDAD SECANTE CAPA 2 (ES) kg/m2	MODULO DE ELASTICIDAD SECANTE CAPA 3 (ES) kg/m2	% DE AUMENTO
ECD-01	1709	2305	34.87
ECD-02	2017	3227	59.99
ECD-03	1424	4538	218.68
ECD-04	2168	4841	123.29
ECD-05	2040	2420	18.63

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados de los coeficientes de reacción de la subrasante según la capa de relleno estabilizada:

Tabla 27.

Resultados de coeficiente de reacción capa 1.

N° ENSAYO CAPA 1	COEFICIENTE DE REACCION DE LA SUBRASANTE INICIAL (K) kg/cm3	COEFICIENTE DE REACCION DE LA SUBRASANTE CAPA 1(K) kg/cm3	% DE AUMENTO
ECD-01	23.20	20.70	-10.88
ECD-02	20.40	21.00	2.94
ECD-03	22.20	28.20	27.03
ECD-04	25.00	28.20	12.80
ECD-05	21.50	27.10	26.05

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 68.

Resultados de coeficiente de reacción capa 2.

N° ENSAYO CAPA 2	COEFICIENTE DE REACCION DE LA SUBRASANTE CAPA 1 (K) kg/cm3	COEFICIENTE DE REACCION DE LA SUBRASANTE CAPA 2 (K) kg/cm3	% DE AUMENTO
ECD-01	20.70	27.40	32.36
ECD-02	21.00	28.20	34.28
ECD-03	28.20	26.60	-5.78
ECD-04	28.20	28.70	1.77
ECD-05	27.10	28.10	3.69

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 69.

Resultados de coeficiente de reacción capa 3.

N° ENSAYO CAPA 3	COEFICIENTE DE REACCION DE LA SUBRASANTE CAPA 2 (K) kg/cm3	COEFICIENTE DE REACCION DE LA SUBRASANTE CAPA 3 (K) kg/cm3	% DE AUMENTO
ECD-01	27.40	28.20	2.92
ECD-02	28.20	30.70	8.86
ECD-03	26.60	32.00	20.30
ECD-04	28.70	33.30	16.03
ECD-05	28.10	29.40	4.63

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados de los asentamientos según la capa de relleno estabilizada:

Tabla 70.

Resultados de los asentamientos, según capa de relleno 1 y 2.

N° ENSAYO CAPA 1	ASENTAMIENTO CAPA 1 (mm)	ASENTAMIENTO CAPA 2 (mm)	% DE DISMINUCION
ECD-01	1.35	0.68	-49.63
ECD-02	1.13	0.63	-44.25
ECD-03	0.63	0.78	23.81
ECD-04	0.60	0.53	-11.67
ECD-05	0.72	0.65	-9.72

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 71.

Resultados de los asentamientos, según capa de relleno 2 y 3.

N° ENSAYO CAPA 2	ASENTAMIENTO CAPA 2 (mm)	ASENTAMIENTO CAPA 3 (mm)	% DE DISMINUCION
ECD-01	0.68	0.55	-19.12
ECD-02	0.63	0.40	-36.51
ECD-03	0.78	0.28	-64.10
ECD-04	0.53	0.25	-52.83
ECD-05	0.65	0.57	-12.31

Fuente: Elaboración Propia.

En los resultados mostrados podemos ver la influencia del cemento en la estabilización de suelo de la calle auxiliar de la Av. Oquendo y tenemos patrones que se repiten y como era de esperarse en lo que respecta a los módulos de deformación secante hay una patrón que se repite el cual es el aumento del mismo en porcentajes de promedio 102.02% entre la sub base

y la primera capa, 77.69% de aumento entre la primera y la segunda capa y 91.09% de aumento entre la segunda y la tercera capa de relleno estabilizado.

Con respecto a los coeficientes de reacción de sub rasante tenemos el mismo patrón que es la de aumentar su valor, tenemos así para la primera capa respecto a la sub base un aumento de 17.20%, entre la primera y la segunda capa tenemos un aumento de 18.02% y finalmente entre la segunda y la tercera capa un aumento de 10.55%.

Y finalmente para los asentamientos tenemos una tendencia directamente proporcional igual que en los dos casos anteriores, sin embargo, en este caso los asentamientos tienden a disminuir su magnitud mientras más se estabiliza con cemento el suelo y se compacta los asentamientos decrecen y así tenemos como resultado según las tablas presentadas entre la primera y segunda capa un promedio de -28.82% menos y entre la segunda y tercera capa un -36.97% menor valor de asentamiento promedio.

Como resultados del objetivo general, el cual era determinar el aumento de la capacidad portante en términos de CBR para el suelo estabilizado con cemento en 2% en la Av. Oquendo tenemos los resultados de los ensayo de carga directa realizados a cada capa de relleno estabilizado, son 5 ensayo por capa y tenemos , en total son 15 ensayos los cuales determinaran el aumento de la resistencia al corte del terreno compactado, ver como el cemento mediante sus características químicas ayudan al suelo a desarrollar una mayor capacidad portante es decir un CBR más apto para el uso que se le dará al pavimento, así tenemos:

Tabla 72.

Resultados del ensayo CBR capa 1.

N° ENSAYO CAPA 1	CBR INICIAL (%)	CBR CAPA 1 (%)	% DE AUMENTO
ECD-01	35.34	96.50	173.06
ECD-02	28.96	98.57	240.36
ECD-03	39.98	164.01	310.23
ECD-04	41.23	164.01	297.79
ECD-05	27.56	153.81	458.09
PROMEDIO CBR		135.38	295.90

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 73.

Resultados del ensayo CBR capa 2.

N° ENSAYO CAPA 2	CBR CAPA 1 (%)	CBR CAPA 2 (%)	% DE AUMENTO
ECD-01	96.50	156.30	61.97
ECD-02	98.57	164.00	66.38
ECD-03	164.01	148.80	-9.27
ECD-04	164.01	169.20	3.16
ECD-05	153.81	160.80	4.54
PROMEDIO CBR		159.82	34.01

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 74.

Resultados del ensayo CBR capa 3.

N° ENSAYO CAPA 3	CBR CAPA 2 (%)	CBR CAPA 3 (%)	% DE AUMENTO
ECD-01	156.30	164.01	4.93
ECD-02	164.00	190.70	16.28
ECD-03	148.80	204.68	37.55
ECD-04	169.20	219.07	29.47
ECD-05	160.80	177.14	10.16
PROMEDIO CBR		191.12	19.68

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en las tablas de resultados el CBR aumenta su capacidad de soporte en base a la adición del 2% de cemento en peso del suelo estabilizado en la primera capa respecto a la sub base tenemos un CBR promedio de 135.38 y un aumento de 295.90%, entre la primera y segunda capa de relleno tenemos un CBR promedio de 159.82 y un aumento de 34.01% y entre la segunda y la tercera capa de relleno tenemos un CBR promedio de 191.12 y un aumento de 19.68%, con estos resultados queda demostrado que con un 2% de cemento se logran obtener resultados aprobatorios según las especificaciones técnicas del proyecto y también según el manual de carreteras del MTC.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES. - en el presente trabajos de suficiencia profesional se ha llegado a las conclusiones en primer lugar que se lograron los objetivos propuestos el cual era determinar el mejoramiento de la capacidad portante del suelo en términos de CBR bajo una dosificación del 2%, y según nuestros objetivos las conclusiones van en el siguiente orden:

Como conclusión a nuestro objetivo específico 1, se logró determinar la influencia que tiene el CBR en el suelo natural de la Av. Oquendo, ya que en base a los ensayos de carga directa realizados se pudo evidenciar que el tipo de suelo no era el adecuado para el tipo de pavimento que se tenía planificado el cual tendría un uso industrial, se concluye que este tiene un impacto operacional y económico ya que para poder hacer uso de vía de este suelo se tiene que realizar una estabilización de suelos ya sea con cemento como es en este caso y además realizar un corte de sub rasante más profundo de 1m desde el suelo natural ocasionando gastos que no se tenían previsto.

Como lección aprendida a nuestro objetivo específico 1, se logró determinar la influencia que tiene el CBR en el suelo natural de la Av. Oquendo, nos enseñó que tuvo influencia negativa en cuanto al soporte del suelo ya que según el manual de carreteras del MTC el suelo era inadecuado, por lo cual hay que tener mucho cuidado para otras obras por donde se diseña el eje del trazo de la vías ya que si se puede desviar el trazo para evitar el suelo con CBR inadecuado sería lo mejor para el proyecto.

Como conclusión a nuestro objetivo específico 2, se logró determinar la dosificación correcta de cemento para la obra, para ello nos basamos en el manual de carreteras del MTC en su capítulo de estabilización de suelos en el cual nos indican muchas alternativas de

estabilización o mejoramiento, también nos basamos en lo recomendado por la PCA que de acuerdo a tipo de suelo en este caso GM la dosificación de cemento va del 2% a 12% buscando siempre no gastar más de lo necesario es que se adoptó un 2% consiguiendo resultados satisfactorios en los ensayos de carga directa y que cumplieran con las especificaciones técnicas del proyecto y con el manual de carreteras del MTC.

Como lección aprendida a nuestro objetivo específico 2, en cuanto a la dosificación adecuada para la estabilización del suelo me tocó vivir una experiencia buena en donde hay que guiarnos de manuales y recomendaciones de instituciones que respaldan nuestra propuesta para diseñar una dosificación de cemento y suelo, ya que este insumo es de costo medianamente elevado, se trató de buscar o comparar el costo con el cal pero me di cuenta de que la cal resulta ser más costoso que el cemento, ambos en dosificación de 2%, aprendí que para poder elegir el insumo más adecuado hay que evaluar el costo y calidad del material estabilizador.

Como conclusión a nuestro objetivo específico 3, se logró determinar la influencia que tiene el cemento en la estabilización de suelo en los 15 ensayos de carga directa realizados, que nos arrojaron resultados satisfactorios y cumplía con mi expectativa, el cemento es por hoy el material más económico para estabilizar el suelo ya que la proporción del 2% en peso del material retirado es significativo en cuanto a lo económico respecto a la cal quien resulta ser un 10.93% más caro y ello se demostró con el cuadro comparativo de presupuestos realizado, así tenemos patrones que se repiten entre las capas de relleno y su módulo de deformación secante el cual aumenta entre la sub rasante y la primera capa en 102.02%, entre la primera y segunda capa en 77.69% y entre la segunda y tercera capa en 91.09%, con respecto a los coeficientes de reacción tenemos 17.20%, 18.02% y 10.55% respectivamente según la comparación entre capas tratadas.

Como lección aprendida a nuestro objetivo específico 3, se logró determinar la influencia que tuvo el cemento para la estabilización del suelo aprendí que evaluar y hacer presupuestos comparativos ayuda a tomar decisiones para elegir el insumo y que esto afecta de forma económica al proyecto, también aprendí que el cemento es por hoy el insumo mayormente utilizado para mejoramiento y estabilización de suelos para pavimentación, en nuestro caso era imposible mover el trazo de la calle ya que son urbanizaciones existentes por lo que no era una opción, seguidamente se trató de mejorar el suelo propio de la calle pero este material era inadecuado por lo que se tenía que retirar y reemplazar con material de préstamo tipo afirmado y este al ser mezclado con el cemento en 2% en peso resulto ser la mejor opción para la estabilización de la vía.

Como conclusión a nuestro objetivo general, debemos enfatizar que se logró cumplir con este y que los resultados fueron los esperados, se demostró mediante los ensayos de carga que una dosificación del 2% en peso de cemento adicionado al material de préstamo aumenta significativamente una capacidad portante logrando obtener en la sub base un aumento de 295.90%, entre la primera y segunda capa un aumento de 34.01% y entre la segunda y tercera capa un aumento de 19.68%.

Como lección aprendida a nuestro objetivo general, mi experiencia en este proyecto me sirvió para darme cuenta de la importancia del CBR en las obras de movimiento de tierras, su influencia en costo que cambia de manera radical el presupuesto de una obra, por lo que hay que realizar un correcto estudio de mecánica de suelos haciendo calicatas de profundidades adecuadas y no obviar procedimientos durante el desarrollo del estudio de suelos, ya que una vía es una infraestructura cuya función principal es garantizar la seguridad de las personas que transitan sobre ella y para eso el pavimento debe ser de calidad,

finalmente este trabajo de suficiencia profesional me deja una gran satisfacción por haber contribuido con mi experiencia y lograr los objetivos propuestos y demostrar que el aumento del CBR del suelo se mejora utilizando cemento.

RECOMENDACIONES. - en el presente trabajos de suficiencia profesional se recomienda según el orden de los objetivos logrados así tenemos:

Como recomendación a nuestro objetivo específico 1, se orienta a los profesionales que intervengan en este tipo de trabajos realizar calicatas más detalladas y con abarcamiento mayor del área donde se pretenda construir cualquier tipo de estructura, y tener en cuenta la posibilidad de mover las estructuras para construir sobre un suelo en el cual el CBR no sea el indicado según el uso y el manual de carreteras del MTC, hay que tener bastante tino es saber si es necesario o no construir estrictamente donde los planos nos detallan ya que para eso existen los replanteos y cumpliendo con el cliente tal vez se puede reubicar las estructuras.

Como competencia profesional a nuestro objetivo específico 1, en el proyecto de mejoramiento de suelos en la Av. Oquendo se tuvo la capacidad de aplicar todos los conocimientos adquiridos en los estudios en la carrera de ingeniería civil donde se estudió la Normas Técnicas Peruana y el Manual de Carreteras todos esos conocimientos fueron necesarias para aplicar a la práctica y darle mucho valor para poder tomar decisiones en favor al proyecto.

Como recomendación a nuestro objetivo específico 2, hay que tener muy en cuenta cuando se trate de estructuras de pavimento el manual de carreteras del MTC ya que en el podemos basar toda nuestra experiencia como proyectistas y constructores, en cuanto a las dosificaciones adecuadas tenemos un sin fin de materiales estabilizadores para los suelos con

un CBR inadecuado, dentro de lo más común tenemos el cemento y una buena orientación para su dosificación es la tabla de factores para la toma de decisiones que se presentó en la sección de resultados y así mediante cumplir con las especificaciones técnicas de mecánica de suelos entregar un producto de calidad.

Como competencia profesional a nuestro objetivo específico 2, en el proyecto de mejoramiento de suelos en la Av. Oquendo se tuvo la capacidad de identificar y resolver los problemas obtenidos en obra, donde se tenía que escoger la opción más viable en la estabilización de suelo para usar el material y dosificación más adecuada para el proyecto, para poder solucionar estos problemas se tuvo la capacidad de investigación en el Manual de Carreteras donde obtuvimos tablas y normas para poder tomar decisiones y poder cumplir con todas las especificaciones técnicas y poder obtener un control de calidad al producto.

Como recomendación a nuestro objetivo específico 3, se alienta el uso del cemento por ser un material de fácil suministro, además de precio más económico respecto a otros materiales estabilizadores como la cal, ya que hay que tener en cuenta la influencia que cualquier material estabilizador tenga en los costos operacionales y de suministro. Tener en cuenta estos aspectos nos pueden ayudar a gestionar mejor un proyecto de estabilización de suelos.

Como competencia profesional a nuestro objetivo específico 3, en el proyecto de mejoramiento de suelos en la Av. Oquendo se obtuvo gracias a un gran trabajo de equipo en donde se tuvo la capacidad de investigación de precios y hacer comparativos de diferentes tipos de materiales como el cemento o cal y así escoger la opción más viable para el proyecto

sin perjudicar los controles de calidad y así no perjudicar la prueba de carga que iban a realizar en campo y tener los resultados finales satisfactorios.

Como recomendación a nuestro objetivo general, podemos comunicar a las personas que lean este trabajo de suficiencia profesional que el aplicar un 2% de cemento en peso del material sustituido tuvo resultados aprobatorios respecto a la capacidad portante la cual aumento y se demostró lo implementado por mi experiencia, pero hay que tener en cuenta que todo depende del tipo de suelo de sub base, en este caso se tuvo un suelo tipo GP, tal vez los resultados varíen si el tipo de suelo es diferente, además de ello tener muy en cuenta que gran parte del éxito en los resultados depende de buena mano obra y buen proceso constructivo con maquinarias idóneas para este tipo de trabajos, todo forma parte de un equipo que si se lleva bien direccionado se obtendrán buenos resultados.

Como competencia profesional a nuestro objetivo general, en el proyecto de mejoramiento de suelos en la Av. Oquendo se obtuvo muchos aprendizajes en el proyecto como: capacidad de investigación, capacidad para el manejo de especificaciones técnicas, trabajo en equipo, compromiso a la calidad, capacidad en toma de decisiones, aplicar conocimientos obtenidos en los estudios, identificar y resolver problemas gracias a todos estos conocimientos se pudo obtener los resultados esperados y poder realizar los informe técnico a detalle de este proyecto.

REFERENCIAS

- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials, Estados Unidos de América). Standard Specification for Classification of Soils and Soil – Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. Designation M 145 – 91.
- Ameratunga, J; Sivakugan, N; Das, BM. 2016. Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering. Nueva Delhi, India, Springer. 228 p.
- ANCADE, ANTER, IECA Manual de estabilización de suelos con cemento o cal [Libro]. Madrid: Instituto español del cemento y sus aplicaciones (IECA), 2012. - 978-84-89702-23- 3.
- ARGOS 360 en concreto [En línea] = Con suelo cemento, Rionegro recupera 144 km de vías rurales. - 06 de 10 de 2017. - 10 de 09 de 2018. - <https://colombia.argos.co/Acerca-deArgos/Innovacion/Suelo-cemento-construccion-vias-terciarias>.
- ASTM (American Society for Testing and Materials, Estados Unidos de América). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). Designation D 2487 – 11.
- Berry, PL; Reid, D. 1993. Mecánica de Suelos. Caicedo, B; Arrieta, A (trad.). Santafé de Bogotá, Colombia, McGraw Hill Interamericana. 415 p.
- Das, BM. 2012. Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. 7 ed. León Cárdenas, J (trad.). Ciudad de México, México, Cengage Learning. 794 p.
- ESCOBAR Enrique DUQUE ESCOBAR Gonzalo y Carlos Galeon [Libro] = Estructura y características textuales del suelo. - 2016.

Fratelli, MG. 1993. Suelos, Fundaciones y Muros. Caracas, Venezuela, Bonalde Editores. 570 p.

Herrera Rojas, RS. 2014. Efecto del cemento Portland Tipo I como estabilizante del material granular de la cantera El Guitarrero para bases de pavimentos rígidos. Tesis Ing. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 131 p.

Joaquim Tinoco António Alberto, Paulo da Venda, António Gomes A Data-Driven Approach for qu Prediction of Laboratory Soil-Cement Mixtures [Informe] / University of Minho, Campus de Azurém, Guimarães. - Portugal: [s.n.], 2016.

MARTÍNEZ Eduardo OLIVEROS Esquema de mantenimiento y mejoramiento en vías terciarias: Colombia responde [Publicación periódica] // Revista de ingeniería. - Bogotá D.C: Universidad de los Andes, 2019.

MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú). 2014. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. R.D. No. 10 – 2014 – MTC/14. Lima, Perú, MTC. Abr. 2014. 301 p. MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú). 2016. Manual de Ensayo de Materiales. Lima, Perú, MTC. May. 2016. 1268 p.

Rico Alfonso y Del Castillo Hermilio La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres [Libro]. - México: Limusa, 1978. 11.

Sánchez Saboral Fernando Pavimentos Tomo I [Libro]. - Colombia: Universidad La Gran Colombia, 1984. 12.

Torrente M. y Sánchez L. Estabilización de Suelos [Libro]. - Barcelona: Editores Técnicos Asociados S.A, 1968. 13.

Torres Espinoza Milton Diseño de Pavimentos [Libro]. - MOP, Quito: 1982. 14.

Universidad Nacional de San Juan Curso de Actualización de diseño estructural de caminos

Método AASHTO - San Juan: 1998.

ANEXO N° 1: REPORTE DE FICHA RUC



Reporte de Ficha RUC PAVIMAQ SOCIEDAD ANONIMA CERRADA 20544255623

Lima, 28/09/2020

Información General del Contribuyente	
Código y descripción de Tipo de Contribuyente	39 SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
Fecha de Inscripción	20/07/2011
Fecha de Inicio de Actividades	20/07/2011
Estado del Contribuyente	ACTIVO
Dependencia SUNAT	0023 - INTENDENCIA LIMA
Condición del Domicilio Fiscal	HABIDO
Emisor electrónico desde	01/08/2018
Comprobantes electrónicos	FACTURA (desde 01/08/2018),BOLETA (desde 06/08/2018)

Datos del Contribuyente	
Nombre Comercial	-
Tipo de Representación	-
Actividad Económica Principal	5229 - OTRAS ACTIVIDADES DE APOYO AL TRANSPORTE
Actividad Económica Secundaria 1	4290 - CONSTRUCCIÓN DE OTRAS OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL
Actividad Económica Secundaria 2	7730 - ALQUILER Y ARRENDAMIENTO DE OTROS TIPOS DE MAQUINARIA, EQUIPO Y BIENES TANGIBLES
Sistema Emisión Comprobantes de Pago	MANUAL
Sistema de Contabilidad	COMPUTARIZADO
Código de Profesión / Oficio	-
Actividad de Comercio Exterior	SIN ACTIVIDAD
Número Fax	-
Teléfono Fijo 1	1 - 5460333
Teléfono Fijo 2	-
Teléfono Móvil 1	1 - 998181276
Teléfono Móvil 2	-
Correo Electrónico 1	kaguilar@pavimaq.com
Correo Electrónico 2	-

Domicilio Fiscal	
Actividad Económica Principal	5229 - OTRAS ACTIVIDADES DE APOYO AL TRANSPORTE
Departamento	LIMA
Provincia	LIMA
Distrito	MIRAFLORES
Tipo y Nombre Zona	-
Tipo y Nombre Vía	CAL. CORONEL INCLAN
Nro	235

Página 1 de 4

www.sunat.gob.pe

Central de Consultas
Desde teléfonos fijos 0-801-12-100
Desde celulares (01)315-0730



Km	-
Mz	-
Lote	-
Dpto	-
Interior	708
Otras Referencias	EDIFICIO BLU BUILDING II
Condición del inmueble declarado como Domicilio Fiscal	ALQUILADO

Datos de la Persona Natural / Datos de la Empresa

Fecha Inscripción RR.PP	06/07/2011
Número de Partida Registral	12693383
Tomo/Ficha	-
Folio	-
Asiento	-
Origen de la Entidad	NACIONAL
País de Origen	-

Registro de Tributos Afectos

Tributo	Afecto desde	Exoneración		
		Marca de Exoneración	Desde	Hasta
IGV - OPER. INT. - CTA. PROPIA	20/07/2011	-	-	-
RENTA-3RA. CATEGOR.-CTA.PROPIA	01/10/2017	-	-	-
IMP.TEMPORAL A LOS ACTIV.NETOS	01/03/2014	-	-	-
RENTA 4TA. CATEG. RETENCIONES	01/03/2013	-	-	-
RENTA 5TA. CATEG. RETENCIONES	01/08/2011	-	-	-
ESSALUD SEG REGULAR TRABAJADOR	01/08/2011	-	-	-
SNP - LEY 19990	01/02/2013	-	-	-
SENCICO	20/07/2011	-	-	-

Representantes Legales



Tipo y Número de Documento	Apellidos y Nombres	Cargo	Fecha de Nacimiento	Fecha Desde	Nro. Orden de Representación
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD - 07886915	KRUGER PESCHIERA GERMAN AURELIO	GERENTE GENERAL	18/11/1974	06/07/2011	-
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo	
	MLC. RESERVA 245	LIMA LIMA MIRAFLORES	15 -	-	

Otras Personas Vinculadas						
Tipo y Nro.Doc.	Apellidos y Nombres	Vínculo	Fecha de Nacimiento	Fecha Desde	Origen	Porcentaje
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD - 07886915	KRUGER PESCHIERA GERMAN AURELIO	SOCIO	18/11/1974	06/07/2011	-	99.000000000
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo		
	MLC. RESERVA 245	LIMA LIMA MIRAFLORES	15 -	-		
	País de Residencia	País de Constitución				
-	-					-
Tipo y Nro.Doc.	Apellidos y Nombres	Vínculo	Fecha de Nacimiento	Fecha Desde	Origen	Porcentaje
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD - 07268128	LISHNER HUAPAYA JOSE ANTONIO	SOCIO	12/03/1973	14/01/2014	-	1.000000000
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo		
	-	---	--	-		
	País de Residencia	País de Constitución				
-	-					-

Establecimientos Anexos							
Código	Tipo	Denominación	Ubigeo	Domicilio	Otras Referencias	Condición Legal	Licencia
0001	OF. ADMINIST	-	PROV. CONST. DEL CALLAO PROV. CONST. DEL CALLAO CALLAO	FND. GAMADAL LADO ESTE AV. NESTOR GAMBETTA Km 14.6	EX HACIENDA MARQUEZ	ALQUILADO	1584-2018



Dependencia SUNAT: INTENDENCIA LIMA
Fecha: 28/09/2020
Hora: 18:09

Página 4 de 4

Jefe del área de Servicios
SUNAT

Sr. Contribuyente, al solicitar el presente Reporte Electrónico, debe tener en cuenta lo siguiente:

- La información mostrada corresponde a lo registrado por usted a través de SUNAT Operaciones en Línea.
- El máximo de reportes a ser generados por día es TRES (03). A partir del 4to reporte, se toma el último reporte generado. La generación del reporte en el día siempre muestra los datos registrados hasta el día anterior.
- Es importante que, para efectos de mantenerlo informado sobre sus obligaciones y facilidades, actualice sus datos en el RUC, como correo electrónico, teléfono fijo y teléfono celular.
- Puede validar y visualizar el reporte electrónico generado a través del código QR ubicado en la parte inferior derecha del presente documento o colocando la siguiente dirección en la barra del navegador:

<https://www.sunat.gob.pe/cl-ti-itreporteec-visor/reporteec/reportecertificado/descarga?doc=7DOyZYG8fssMRVQ1%2BQ5Zuf3Z%2FF6zUbrMFvstOi3AXPSa9fPCv0yMkFTf2LQg2g6f3qlg5oMx75PloHObOPibXLjd9HyDy77s0ayx6SKRAss%3D>



ANEXO N° 2: CONSTANCIA DE TRABAJO



Miraflores, 25 de Noviembre de 2020

CONSTANCIA DE TRABAJO

PAVIMAQ SAC., con Registro Único de Contribuyente N° 20544255623, que señala como domicilio en Cal. Coronel Inclan 235 Int. 708 Edificio Blu Building II, Distrito de Miraflores, Provincia y Departamento de Lima.

QUIEN SUSCRIBE CERTIFICA QUE:

El Sr. Isaac Abundio Cotrina Tucto, identificado con DNI N° 43607305, labora en nuestra Empresa desde Mayo del 2017 hasta la Actualidad, desempeñándose como Asistente de Ingeniería en el área de Ingeniería Civil, en diversas Obras. Cumpliendo con su trabajo a entera satisfacción nuestra.

Se expide la presente para los fines que el interesado considere conveniente.

Atentamente,


Germán Aurelio Kruger Peschiera
GERENTE GENERAL

Cal. Coronel Inclan 235 Int. 708 Edificio Blu Building II – Miraflores – Lima

ANEXO N° 3: CARTA DE AUTORIZACION

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA



Yo GERMAN AURELIO KRUGER PESCHIERA
(Nombre del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)
identificado con DNI 07886915, en mi calidad de GERENTE GENERAL
(Nombre del puesto del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)
del área de INGENIERIA
(Nombre del área de la empresa)
de la empresa/institución PAVIMAQ S.A.C.
(Nombre de la empresa)
con R.U.C N° 20544255623, ubicada en la ciudad de LIMA

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor ISAAC ABUNDO COTRINA TUCTO
(Nombre completo del Egresado/Bachiller)
identificado con DNI N° 43607305, egresado de la Carrera profesional o Programa de
Postgrado de INGENIERIA CIVIL
(Nombre de la carrera o programa), para

que utilice la siguiente información de la empresa:

INFORME TECNICO DE PROYECTOS Y EXPEDIENTE TECNICO
PRUEBAS Y ENSAYOS QUE REALIZARON EN OBRA
FOTOS RELACIONADAS A LAS OBRAS REALIZADAS
(Detallar la información a entregar)

con la finalidad de que pueda desarrollar su Trabajo de Investigación, Tesis o Trabajo de
suficiencia profesional para optar al grado de Bachiller, Maestro, Doctor o Título Profesional.

Adjunto a esta carta, está la siguiente documentación:

- Ficha RUC
- *Vigencia de Poder (Para informes de suficiencia profesional)
- Otro (ROF, MOF, Resolución, etc. para el caso de empresas públicas válido tanto para Tesis, Trabajo de Investigación o Trabajo de Suficiencia Profesional).

* Nota: En el caso este formato se use como regularización o continuidad del trámite durante la coyuntura de emergencia -
Covit19, se debe de omitir la "Vigencia de Poder" requerido para los informes de Suficiencia Profesional.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o
cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

- Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o
- Mencionar el nombre de la empresa.

PAVIMAQ SAC

GERMAN KRUGER PESCHIERA
GERENTE GENERAL

Firma y sello del Representante Legal
DNI: 07886915

El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis
son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al inicio del
procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones
legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

Cotrina
Firma del Egresado
DNI: 43607305