



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño de un Pavimento Adoquinado Incorporando Geocelda  
Diamond Grid en la Carpeta de Rodadura en la Avenida Industrial,  
Lurín 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Alva Bercera, David (ORCID: 0000-0003-1893-0380)

**ASESOR:**

Mg. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (ORCID: 0000-0001-8850-8463)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

### **Dedicatoria**

Dedico este proyecto de investigación a Dios, por darme la vida y las fuerzas para jamás rendirme y por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida; a mi esposa, por su apoyo incondicional moral y económica a lo largo de mis estudios; a mi padre y su esposa por sus consejos, enseñanzas, y apoyo moral y económico; por último, a mi madre, que en paz descanse, quien le debo mi vida por inculcarme buenos valores y seguir los caminos correctos.

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por su infinito amor, por apoyarme y protegerme; a mi esposa, hijos y a mi padre por su apoyo incondicional.

Al Ingeniero Alfonso Vega y Jean Paul Cieza, por su paciencia y apoyo en el desarrollo de esta investigación y al asesor Robert Sigüenza y Jesús Zamora, por su tiempo y enseñanzas en el desarrollo de mi tesis.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	viii
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	26
3.2. Variables y operacionalización.....	27
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis. ....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	30
3.5. Procedimientos .....	31
3.6. Método de análisis de datos.....	33
3.7. Aspectos éticos.....	33
IV. RESULTADOS.....	35
V. DISCUSIÓN .....	127
VI. CONCLUSIONES .....	133
VII. RECOMENDACIONES .....	135
REFERENCIAS .....	137
ANEXOS .....	143



## Índice de tablas

Tabla 1. <i>Clasificación de adoquines.</i> .....	15
Tabla 2. <i>Dimensiones de adoquines.</i> .....	16
Tabla 3. <i>Tolerancia máxima de dimensiones de adoquines.</i> .....	16
Tabla 4. <i>Granulometría para sello de arena</i> .....	17
Tabla 5. <i>Granulometría para cama de arena</i> .....	17
Tabla 6. <i>Apariencia del material extruido reciclado.</i> .....	21
Tabla 7. <i>Características, ventajas y especificaciones técnicas del Diamond Grid</i> .....	23
Tabla 8. <i>Diferencias entre losas de concreto vs losa adoquinada Optimizada in situ.</i> 24	
Tabla 9. <i>Número de calicatas a estudiar.( Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Sección: Suelos y Pavimentos,2014)</i> .....	38
Tabla 10. <i>Exploración de campo</i> .....	39
Tabla 11. <i>Ensayos realizados de mecánica de suelos</i> .....	40
Tabla 12. <i>Análisis Granulométrico por Tamizado</i> .....	41
Tabla 13. <i>Clasificación de suelos</i> .....	43
Tabla 14. <i>Límites de consistencia.</i> .....	44
Tabla 15. <i>Contenido de humedad.</i> .....	45
Tabla 16. <i>Datos para el ensayo Proctor modificado.</i> .....	47
Tabla 17. <i>Datos obtenidos del ensayo Proctor modificado.</i> .....	47
Tabla 18. <i>Máxima densidad seca y Óptimo contenido de humedad.</i> .....	48
Tabla 19. <i>Resultados del ensayo de CBR.</i> .....	49
Tabla 20. <i>Valor de CBR a 0.1” de penetración.</i> .....	50
Tabla 21. <i>Valor de CBR a 0.2” de penetración.</i> .....	50
Tabla 22. <i>Factor de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje</i> .....	54
Tabla 23. <i>Factor de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje.</i> .....	54
Tabla 24. <i>Factor de corrección de vehículos ligeros y pesados</i> .....	55
Tabla 25. <i>Factor de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje</i> .....	56
Tabla 26. <i>Factores de distribución direccional y de carril.</i> .....	58
Tabla 27. <i>Relación de carga por eje</i> .....	60
Tabla 28. <i>Tipo de tráfico expresado en ejes equivalentes</i> .....	64

Tabla 29. Valores de confiabilidad para una sola etapa de diseño según tipo de tráfico.....	67
Tabla 30. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal. ....	68
Tabla 31. Índice de serviciabilidad inicial.....	69
Tabla 32. Índice de serviciabilidad final. ....	70
Tabla 33. Diferencia de serviciabilidad. ....	71
Tabla 34. Características de los materiales.....	72
Tabla 35. Calidad del drenaje.....	74
Tabla 36. Valores recomendados del coeficiente de drenaje $m_1$ .....	75
Tabla 37. Datos de tráfico y propiedades de la subrasante.....	76
Tabla 38. Iteraciones para determinar el SN.....	77
Tabla 39. Clasificación de espesor de adoquines. ....	79
Tabla 40. Valores asumidos de espesores.....	80
Tabla 41. Contenido de humedad- Agregado fino.....	83
Tabla 42. Peso unitario suelo y compactado- Agregado fino. ....	84
Tabla 43. Peso específico y absorción.- Agregado fino. ....	84
Tabla 44. Análisis granulométrico- Agregado fino. ....	85
Tabla 45. Contenido de humedad- Agregado grueso.....	86
Tabla 46. Peso unitario suelo y compactado- Agregado grueso. ....	87
Tabla 47. Peso específico y absorción- Agregado grueso. ....	87
Tabla 48. Análisis granulométrico- Agregado grueso.....	88
Tabla 49. Espesor nominal y resistencia a la compresión adoquín Tipo I.....	89
Tabla 50. Especificaciones técnicas del concreto para adoquín Tipo I .....	90
Tabla 51. Propiedades físicas de los materiales para adoquines Tipo I, III y geocelda diamond grid.....	91
Tabla 52. Diseño de mezcla $f'c= 320 \text{ kg/cm}^2$ para adoquín tipo I.....	92
Tabla 53. Espesor nominal y resistencia a la compresión adoquín Tipo III.....	93
Tabla 54. Especificaciones técnicas para adoquín Tipo III.....	93
Tabla 55. Diseño de mezcla $f'c= \text{kg/cm}^2$ para adoquín tipo III. ....	95
Tabla 56. Especificaciones técnicas del concreto para geocelda diamond grid. ...	96
Tabla 57. Diseño de mezcla $f'c= \text{kg/cm}^2$ para geocelda diamond grid.....	97
Tabla 58. Diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.....	98
Tabla 59. Edad de ensayos a probetas.....	103

Tabla 60. Resistencia a la compresión a los 3 días-DG280MS.....	104
Tabla 61. Resistencia a la compresión a los 3 días-AD4-I.....	105
Tabla 62. Resistencia a la compresión a los 3 días-AD8-III.....	106
Tabla 63. Comparación de la resistencia a la compresión a los 3 días.....	107
Tabla 64. Resistencia a la compresión a los 7 días-DG280MS.....	108
Tabla 65. Resistencia a la compresión a los 7 días-AD4-I.....	109
Tabla 66. Resistencia a la compresión a los 7 días-AD8-III.....	110
Tabla 67. Comparación de la resistencia a la compresión a los 7 días.....	111
Tabla 68. Resistencia a la compresión a los 28 días-DG280MS.....	112
Tabla 69. Resistencia a la compresión a los 28 días-AD4-I.....	113
Tabla 70. Resistencia a la compresión a los 28 días-AD8-III.....	114
Tabla 71. Comparación de la resistencia a la compresión a los 28 días.....	115
Tabla 72. Costo de suministro e instalación de Diamond Grid (Incl. Anclajes)....	118
Tabla 73. Costo de ejecución de la capa de rodadura del pavimento adoquinado con sistema diamond Grid DG (e= 0.04 m). .....	119
Tabla 74. Costo de suministro e instalación de cama de arena de e=0.05 cm ...	120
Tabla 75. Costo de ejecución de capa de rodadura para pavimento adoquinado con adoquín tipo I (e=0.04 m). .....	121
Tabla 76. Costo de ejecución de capa de rodadura para pavimento adoquinado con adoquín tipo III (e=0.08 m). .....	122
Tabla 77. Comparación de frecuencia y tipos de mantenimiento en los pavimentos. 125. ....	125

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Estructura de un pavimento flexible. ....	14
Figura 2. Armazón de un pavimento rígido.....	15
Figura 3. Estructura de un pavimento articulado. ....	18
Figura 4. Geocelda individual. ....	19
Figura 5. Geocelda compuesta. ....	19
Figura 6. Categoría de geoceldas. ....	20
Figura 7. Plancha Diamond Grid. ....	22
Figura 8. Sistema de drenaje de la plancha Diamond Grid. ....	22
Figura 9. Visita a campo.....	36
Figura 10. Ubicación del distrito de Lurín. ....	37
Figura 11. Ubicación satelital de la avenida Industrial.....	37
Figura 12. Elaboración del análisis granulométrico. ....	41
Figura 13. Simbología para perfil de calicatas.-AASHTO.....	42
Figura 14. Simbología para perfil de calicatas.-SUCS.....	43
Figura 15. Elaboración del ensayo de Copa de Casagrande ....	44
Figura 16. Elaboración del ensayo de Contenido de humedad. ....	45
Figura 17. Elaboración del ensayo de Proctor Modificado. ....	46
Figura 18. Contenido de humedad vs Densidad seca.....	48
Figura 19. Desarrollo del ensayo de CBR.....	49
Figura 20. Gráfica de Densidad vs Valor de CBR. ....	50
Figura 21. Registro de conteo vehicular.....	51
Figura 22. Formato de conteo vehicular.....	52
Figura 23. Conteo vehicular . ....	53
Figura 24. Cálculo del IMDA.....	55
Figura 25. Cálculo de IMDA 2025. ....	57
Figura 26. Configuración de ejes.....	59
Figura 27. Tabla de pesos y medidas. ....	61
Figura 28. Calculo de sumatoria del IMDA.....	62
Figura 29. Datos meteorológicos de lima. ....	65
Figura 30. Coeficiente a1.....	73
Figura 31. Cálculo de SN con el nomograma Ábaco de AASHTO.....	78
Figura 32. Cálculo de espesores.....	78

Figura 33. Espesores mínimos de adoquín (Aysabucha,2020) .....	79
Figura 34. Paquete estructural del pavimento adoquinado .....	81
Figura 35. Paquete estructural del pavimento adoquinado .....	81
Figura 36. Cantera Quebrada el león .....	82
Figura 37. Cantera La soledad .....	86
Figura 38. Diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.....	99
Figura 39. Probetas de adoquín tipo I .....	100
Figura 40. Probetas de adoquín tipo III .....	101
Figura 41. Habilitación de moldes de Diamond Grid .....	101
Figura 42. Vaceado de concreto .....	102
Figura 43. Máquina de compresión automática-ALFA-B-001/LCD/2.....	103
Figura 44. Resistencia a la compresión a los 3 días-DG280MS.....	104
Figura 45. Resistencia a la compresión a los 3 días-AD4-I.....	105
Figura 46. Resistencia a la compresión a los 3 días-AD8-III.....	106
Figura 47. Resistencia a la compresión promedio a los 3 días. ....	107
Figura 48. Resistencia a la compresión a los 7 días-DG280MS .....	108
Figura 49. Resistencia a la compresión a los 7 días-AD4-I.....	109
Figura 50. Resistencia a la compresión a los 7 días-AD8-III. ....	110
Figura 51. Resistencia a la compresión promedio a los 7 días. ....	111
Figura 52. Resistencia a la compresión a los 28 días-DG280MS. ....	112
Figura 53. Resistencia a la compresión a los 28 días-AD4-I.....	113
Figura 54. Resistencia a la compresión a los 28 días-AD8-III. ....	114
Figura 55. Resistencia a la compresión promedio a los 7 días. ....	116
Figura 56. Comparación de la resistencia a la compresión. ....	117
Figura 57. Comparación de costos de suministro, instalación y ejecución de la capa de rodadura del pavimento adoquinado. ....	123
Figura 58. Comparación de rendimiento de ejecución por m <sup>2</sup> /día de la capa de rodadura del pavimento adoquinado. ....	124
Figura 59. Costos de mantenimiento por km .....	1246

## **Resumen**

El objetivo general de este trabajo de investigación fue “determinar la influencia de la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la carpeta de rodadura del diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín 2021”. La metodología usada fue aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño de investigación experimental (cuasiexperimental).

Se obtuvo como resultados específicos, que el paquete estructural del pavimento adoquinado, está conformado por una capa de rodadura de 4 cm de espesor, compuesto por la geocelda Diamond Grid rellena con concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup> tipo MS; además, que el tráfico influyó en el diseño del pavimento adoquinado con un ESAL de 37, 712,582, la resistencia a la compresión a los 28 días de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto fue de 702.5 kg/cm<sup>2</sup>, el costo total de suministro, instalación y ejecución del pavimento adoquinado de S/. 81.47 nuevos soles y su rendimiento de ejecución es de 595 m<sup>2</sup> por día.

Se logró el objetivo general concluyendo que la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup> influye considerablemente en el diseño de un pavimento adoquinado por generar una alta resistencia a la compresión, por contar con espesor reducido y rapidez en su ejecución.

### **Palabras clave:**

Tráfico vial, Paquete estructural, Adoquín, Geocelda Diamond Grid.

## **Abstract**

The general objective of this research work was "to determine the influence of the incorporation of the Diamond Grid geocell filled with concrete in the rolling folder of the design of a cobbled pavement in Avenida Industrial, Lurín 2021". The methodology used was applied, with a quantitative approach and an experimental research design (quasi-experimental).

Specific results were obtained that the structural package of the cobbled pavement is made up of a 4 cm thick rolling layer, composed of the Diamond Grid geocell filled with 280 kg / cm<sup>2</sup> MS type concrete; Furthermore, that the traffic influenced the design of the paved pavement with an ESAL of 37,712,582, the compressive strength at 28 days of the Diamond Grid geocell filled with concrete was 702.5 kg / cm<sup>2</sup>, the total cost of supply, installation and execution of the paved pavement of S/.81.47 news soles and its performance performance is 595 m<sup>3</sup> per day.

The general objective was achieved, concluding that the incorporation of the Diamond Grid geocell filled with 280 km / cm<sup>2</sup> concrete considerably influences the design of a paved pavement because it generates a high resistance to compression, because of its reduced thickness and speed in its execution.

### **Keywords:**

Road Traffic, Structural Package, Paving Stone, Diamond Grid Geocell.

# **I. INTRODUCCIÓN**



En el transcurso de los tiempos, la humanidad se ha distinguido por ser inteligente e innovador, desde sus inicios, existía la necesidad de comunicarse y transportarse por muchos kilómetros de distancia con otros lugares, frente a ello empezaron a desarrollar obras viales, empezando con caminos, trochas carrozables; luego, con la presencia del automóvil, se construyó carreteras con asfalto y concreto hidráulico, los cuales han ido mejorando gracias a los refuerzos con geotextiles; sin embargo, los frecuentes sobrecostos en los métodos constructivos, reparación y mantenimiento y la escasez de estudio de impacto ambiental, junto con el aumento de la contaminación del ambiente a causa de los residuos sólidos, han desencadenado una serie de investigaciones sobre la reutilización y aprovechamiento de los residuos sólidos, en esencial los plásticos, como parte del diseño de una infraestructura vial, buscando disminuir los costos operativos y de mantenimiento y aumentar la serviciabilidad y buen tiempo de vida útil de las carreteras para la comodidad y seguridad de los usuarios.

En todo el mundo, según Ortiz, Mora, Magaña y Díaz (2018) al año se dispone más de 400 mil millones de dólares en mantenimiento y la ejecución de pavimentos, dichas actividades aumentan el impacto ambiental en un 10% a causa del tránsito de vehículos.

Según Peketi (2019), estima que a inicios del año 2018 el tramo global de la carretera de la India es de 6,603,293 km, es por ello que le convierte como la red de carreteras más grande del mundo, después de los EEUU, dichas carreteras, al poseer una baja capacidad portante de la subrasante en temporadas de lluvias, presentan grandes fallas en su estructura de pavimento como los baches, grietas, ahuellamientos y asentamientos. Con esto nos refleja la necesidad de implementar e innovar sistemas de pavimentación mejoradas, resistentes y de bajos costos operativos.

Según Nervo (2019), mencionó que las carreteras de Guatemala, permanece desde muchos años, en malas condiciones como es el caso de acceso a la ciudad Cuenca, la cual presenta fallas geológicas con pendientes que ponen en riesgo la salud y vida de los conductores que transitan por esos lugares; además, señaló que gran parte de la vía recientemente fue reparada y a pesar de ello ya presenta daños en su estructura, escombros y piedras, a causa de las lluvias que aún no son quitados.

En España, Según Gutiérrez (2020), en la página web de dirección general de tráfico, afirma que los estudios realizados por la asociación española de carretera en septiembre del 2019 a 100,000 kilómetros de la red vial española, muestran que 10,000 kilómetros presentan fallas de pavimentación como grietas, deflexiones y ahuellamientos, pues estas no reciben mantenimientos desde el 2009; además, mencionan que la escasez de mantenimiento ha dispuesto que las emisiones de dióxido de carbono en 10 años, aumente en 25 millones de toneladas.

Cada año, el Perú soporta los estragos de la naturaleza, específicamente en tiempos de lluvia, en donde es habitual los desastres como las caídas de huaicos, deslizamientos y desbordes de ríos los cuales perjudican a la infraestructura vial, dificultando el tránsito de vehículos de distintas actividades.

El estado actual de la cantidad de carreteras según Provias nacional (2019), citando al sistema de información geográfica, afirma que al año 2019, 21,977 km de carreteras en el Perú se encuentra pavimentadas, mientras que 5,077 km está sin pavimentar.

Defensoría del pueblo (2019) menciona que, como resultado de la evolución de los 49 puntos críticos analizados en lima y callao de carreteras asfaltadas, el 71% presentan deterioros en su superficie como baches y grietas y continúan sin mantenimiento y reparación desde el 2015, en cambio, el 29% de las carreteras analizadas, están en buen estado.

Actualmente, Lurín se caracteriza por ser unos de los distritos con mayor presencia de lotes industriales, puesto que anteriormente la mayoría de las grandes empresas contaban con instalaciones en lima norte como en las avenidas Argentina y Venezuela; este crecimiento industrial y logístico, junto con la realización de los juegos panamericanos y para panamericanos 2019, ha hecho que la situación de la infraestructura vial sea más tomada en consideración por la municipalidad de Lurín, por ello se realizó la mejora de los tramos I y II de la antigua panamericana sur; sin embargo, algunas avenidas de acceso a los grandes lotes industriales, se encuentran visiblemente en mal estado presentando fallas en el pavimento, es el caso de la avenida Industrial, dicha avenida cuenta con doble sentido, además es transitada diariamente a bajas velocidades por vehículos de transporte pesado

como contenedores de 20 y 40 pies con un peso promedio de 25 toneladas, cisternas, camión volquetes y grúas; además, vehículos livianos como los moto taxis, camionetas 4x4, autos particulares, etc. y en horas puntas se genera una aglomeración o embotelladura de tránsito, a causa de ello en distintos tramos de la avenida Industrial, presentan baches, grietas, ahuellamientos y otros daños notorios en la carpeta de rodadura asfáltica; por otro lado, los constantes mantenimientos y reparaciones que recibe la vía asfáltica y adicional a ello el tiempo que se demora en realizarlo, generan sobrecostos en los presupuestos iniciales y fomenta la embotelladura de los vehículos que transitan.

En nuestro país, desde varios años, las geoceldas forman parte de los geos sintéticos y son usados como refuerzos en taludes, reforzamiento de algunas capas de un pavimento, refuerzo en estructuras de defensas ribereñas, etc.

Por otro lado, las unidades de concreto (adoquines) son usados para la ejecución de parques, ciclo vías, estacionamientos y en algunas avenidas que son transitadas por peatones, como se pueden observar en diversos accesos a plazas de armas en varias municipalidades de Lima. También, estos elementos confinados forman parte de la estructura de losas de terminales portuarios, por su gran resistencia, sin embargo, se reportan fallas y daños en su superficie, causando problemas de tránsito vial continuo y, por ende, daños a los neumáticos de vehículos pesados, todo ello genera un sobrecosto en mantenimiento y reparación de estos pavimentos con adoquín.

Considerando en cuenta los problemas anteriores mencionados, surge la necesidad de investigar cómo influye la incorporación de la geocelda Diamond Grid, geo sintético proveniente de Australia, en la carpeta de rodadura en el diseño de un pavimento adoquinado, justificando de esta manera la correcta formación por parte de la universidad hacia los alumnos al implementar la metodología de investigación y de esa manera ganar más envergadura frente a otras instituciones, también, es importante para la ingeniería dar a conocer, e investigar nuevas técnicas de pavimentación que permitan contribuir con el desarrollo sostenible y disminuir los recursos como maquinaria y mano de obra, permitiendo que entidades privadas o públicas opten por emplear esta nueva metodología de pavimentación en sus proyectos futuros.

Por otro lado, con esta investigación implementaré y pondré en práctica mis conocimientos adquiridos en el transcurso de los años en las aulas universitarias, además, cada día hay un lugar más que se habita, personas que se movilizan, vehículos que se transportan y, por ende, deben existir buenas carreteras con altas propiedades físico-mecánicas y duraderas que sirvan como confort para los usuarios ante los diversos problemas de pavimentación existentes.

Por lo expuesto, en este proyecto de investigación se formula la siguiente pregunta: ¿Cómo Influye la incorporación de la geocelda Diamond Grid en la carpeta de rodadura del diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín, 2021?

Según Zavala (2015), afirma que algunos materiales empleados en las construcciones han sido cambiados, gracias al reciclaje de plásticos.

Bajo todos los argumentos descritos, el actual proyecto de investigación posee como objetivo primordial, determinar la influencia de la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la carpeta de rodadura del diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín, 2021 y como objetivos específicos, determinar el diseño del paquete estructural de un pavimento adoquinado al incorporar la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la avenida Industrial, Lurín 2021 , determinar la influencia del estudio del tráfico en el diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín 2021, determinar y comparar la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto con el adoquín tipo I y tipo III de concreto y cuantificar y comparar el rendimiento y costos de suministro, instalación y ejecución de la capa de rodadura con geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la avenida Industrial, Lurín 2021; además, se demostrará, que la carpeta de rodadura del pavimento adoquinado compuesta con geoceldas entrelazables son resistentes a la compresión, que el estudio de tráfico es indispensable, los gastos de suministro e instalación son económicos y que la capa de rodadura cuenta con un espesor reducido.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Toda investigación requiere de conocimientos, teorías, estudios y/o argumentos previos que nos sirvan de referencias de guía para el tema en cuestión. Las investigaciones sobre el uso de geosintéticos han estado presentes durante años, en diversas partes del mundo, el geosintético tipo geocelda más actual es el Diamond Grid de 4 cm de espesor a base de polipropileno por ello, a continuación, se mencionan los siguientes antecedentes a nivel internacional, nacional y local:

Suspes, Carpio y Maldonado (2018), en su trabajo de especialización en ingeniería de pavimentos de la Universidad Católica de Colombia, titulada " Tramo de Prueba con Estructura Convencional y la Implementación de Geoceldas en la CL 128A entre T V 60 y A K 72 Bogotá", se planteó el objetivo de efectuar un tramo de prueba para restituir la estructura del pavimento y comparar el método convencional con la aplicación de geoceldas. El diseño empleado fue cuantitativo experimental, con una muestra de 5 sectores del tramo Tv 60 y AK72 y los instrumentos utilizados fueron la recolección y análisis de datos empleando en ensayo experimental deflectómetro de impacto. Se obtuvo como conclusiones que, con la implementación de las geoceldas en la base de la carpeta de rodadura, el índice de curvatura superficial o deformación y el índice de daños, fueron más altos que en los tramos sin geoceldas, además se obtuvo un mejor desempeño de la estructura compuesta con una mezcla en la subbase y base granular y con fresado en cantidad del 70%- 30%.

Mamatha y Dinesh (2017), en su artículo de investigación, titulada "Evaluación del desempeño de pavimentos reforzados con geoceldas", desarrollado en el instituto de tecnología Siddaganga, Tumkur, India, tuvo como objetivo mejorar el rendimiento del pavimento gracias a la aplicación de geoceldas como refuerzo, comparar resultados con un área pequeña de pavimento sin refuerzo de geocelda y reducir el espesor del pavimento. El tipo de diseño en su investigación realizada fue cuantitativo experimental y como muestra tomó 2 metros cuadrados de relleno compuesto por suelos expansivos y un molde cuadrangular de acero de 2m x 2m x 2m. El instrumento utilizado fue en método de cargas repetidas, simulación de carga Haversine y datos estadísticos. La conclusión a la que llegó esta investigación fue que la aplicación de geoceldas reduce la formación de surcos en una extensión de 13 al 71% y aumenta la vida útil de las secciones de pavimento, con diferentes espesores y proporciones, en un rango de 1.6 a 3.5.

Orduz y Pineda (2017), en su enunciado de investigación que tiene como nombre “Realización de una estructura de pavimento reforzado con geoceldas mediante simulación numérica, considerando una subrasante discontinua”, hace mención que el objetivo de su investigación fue disminuir las deformaciones verticales ante fallas en la subrasante arcillosa por desecación, mediante una simulación numérica de un pavimento flexible reforzado con geoceldas. El tipo de diseño empleado fue cuantitativo no experimental teniendo como muestra todo el corredor vial (Siberia-Tenjo) de Bogotá, Colombia. El instrumento tomado en cuenta fue el programa PLAXIS 2D, con la cual se modeló un esquema de pavimento flexible sobre una subrasante agrietada arcillosa. Las conclusiones a la que llegó esta investigación fue que se comprobó que, al endurecerse las capas del pavimento, disminuye las deformaciones en la superficie y que comparando el esquema reforzado con la no reforzada se aprecia una disminución de los desplazamientos verticales.

Urrresta (2015), en su tesis para optar el título de especialista en ingeniería de pavimentos de la Universidad Militar de Granada, España, que tiene como título “Análisis de alternativas de diseño con geoceldas, en estructuras de pavimento, estudio de caso carrera 12, Funza – Cundinamarca”, tuvo como objetivo evaluar la implementación del sistema Neoweb como alternativa de refuerzo en la reparación de la base granular de la vía situada en la carretera 12 del municipio de Funza y comprobar si es viable frente al diseño de pavimentos convencional. El método de diseño fue cuantitativo comparativo y se tomó como muestra los resultados del diseño de un pavimento convencional realizado por la empresa Espinosa y Restrepo. El instrumento utilizado fue el programa DEPAV, la cual realiza ecuaciones en un sistema elástico multicapa, sometido a cargas dinámicas. Las conclusiones que tuvo fue que el diseño con la geocelda Neoweb, a comparación del diseño convencional, reemplaza la subbase, reduce el espesor de mejoramiento y de la base y brinda un mejor tiempo de vida útil, pero con costos de inversión iniciales elevados.

Cuartas (2015), en su trabajo de especialización de pavimentos de la Universidad Militar Nueva Granada, España, titulada "Optimización y refuerzo de estructuras de pavimento flexible mediante geoceldas", tuvo como objetivo analizar las ventajas o beneficios al realizar una infraestructura vial implementando el uso de geo

sintéticos, como parte de la estructura (capa granular) de pavimentos flexibles, empleando el diseño cuantitativo comparativo entre pavimento flexible con un pavimento con geoceldas, en la cual se tomó como muestra un proyecto de pavimento flexible de Bogotá, Colombia. Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron la recopilación y análisis de datos. Esta investigación tiene como conclusión que al cambiar la base granular, en este caso de 118 cm, por la base reforzada con geocelda, el espesor del pavimento disminuye en un 28%, 33 cm menos, obteniendo optimizaciones en los factores de tiempo de ejecución y costos presupuestados, y la fácil instalación de estas geoceldas.

Marín, Halles y Retamal (2015), en su informe titulado “Geoceldas tipo “bubble lock” para pavimentos portuarios: primera experiencia en Chile”, desarrollado en la Pontificia Universidad Católica de Chile y presentado posteriormente en el congreso expo hormigón Viña del Mar 2016, el objetivo principal fue analizar y mostrar el comportamiento, consideraciones y fundamentos del pavimento constituido por la geocelda Hyson-Cells, al realizar un tramo de 180 m<sup>2</sup> pavimentados en Valparaíso-Chile. El tipo de diseño en esta investigación fue cuantitativo experimental, puesto que desarrollaron un proyecto como prueba. El tipo de instrumento utilizado fue la recolección de datos y guía de observación, puesto que al tomar como muestra la construcción de 180 m<sup>2</sup> de pavimento con Hyson- Cells, tomaron y registraron datos numéricos y visuales del comportamiento estructural del sistema Hyson Cells. Este artículo tuvo como conclusiones que al realizar la inspección visual en los primeros 180 días luego de haber construido la prueba piloto, la capa de rodadura dio resultados esperados como la no presencia de fallas recientes, menores deflexiones que el pavimento de adoquín convencional y detecciones de otros temas que deberían ser analizados en futuras construcciones.

Chávez y Fernández (2019), en su tesis titulada “Mejora de la productividad en la instalación de un pavimento de capa de rodadura compuesta por geocelda y grava con el uso de suelo-cemento y herramientas de gestión ubicada en la selva peruana”, con el fin de obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, su objetivo principal fue plantear un sistema de pavimentación mejorado empleando, como capa de rodadura, compuesto de geocelda (Diamond Grid) y grava en la selva del Perú. El tipo de diseño en esta



investigación fue cuantitativo no experimental, tomando como muestra el expediente técnico del patio de maniobras de RANSA, Pucallpa, con el cual implementaron analíticamente un pavimento compuesto por geocelda y grava. Los instrumentos utilizados fueron instrumentos de gestión de valor ganado, índice de brecha y productividad y gráficos estadísticos. Esta investigación tuvo como conclusiones optar desde el inicio de una construcción de carreteras donde existen lluvias, construir una obra de drenaje provisional, puesto que, con el análisis realizado, se determinó que sería menos costosos los sobrecostos de reparación o bombeos, además, las geoceldas, facilita mucho el tiempo de ejecución y disminuye costos por su fácil traslado.

Sicha (2018), en su tesis que tiene como título "Diseño con geosintéticos para la función de separación, filtración y refuerzo en pavimentos flexibles", para optar el título de ingeniero civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, mencionó que su objetivo general fue dar una idea globalizada sobre el diseño con geomalla, para ser usado como refuerzo y, con geotextil, para que actúe como filtración y separación en pavimentos flexibles y así poder realizar especificaciones técnicas del material para asegurar su buen funcionamiento. El tipo de diseño de su tesis fue, cuantitativo experimental y comparativo y como muestra tomaron 53.20 km del tramo de la carretera Ayacucho-Abancay. Los instrumentos utilizados fueron fichas técnicas a partir de ensayos de laboratorios y el uso del programa Visual estudio. Las conclusiones a la que llegó su proyecto fue que el geotextil separador preservaría el 100% los espesores de diseño del pavimento durante el tiempo de vida útil del proyecto. En lo económico, se concluyó, que al emplear un geotextil separador se ahorraría más dinero; además, se concluyó que el geotextil de control de filtración, GT 240, drenaría el filtro de agua manteniendo el coeficiente de filtración de diseño del pavimento; por otro lado, al emplear el geotextil de refuerzo, TX160, aumentó el espesor del pavimento, en dos tramos, logrando una serviciabilidad mejor que el de un pavimento convencional.

Lázaro y Telles (2018), en su tesis para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Privada del Norte, titulada "Influencia del sistema Diamond Grid en el mejoramiento de la resistencia a la compresión en un pavimento en la ciudad de Trujillo 2018", se planteó el objetivo identificar en qué forma influye el sistema

Diamond Grid en el mejoramiento y resistencia mecánica (compresión) de un pavimento. El diseño que aplicó en su investigación fue diseño cuantitativo - no experimental, teniendo como muestra 75 probetas de Diamond Grid de tres tipos. Los instrumentos utilizados fueron la guía de observación y ensayos en laboratorios. Las conclusiones a las que llegó su investigación fueron que la influencia del sistema Diamond Grid aumenta las características mecánicas en el suelo en un 2603.18%, logrando así, ser resistentes a la compresión; además, concluye que el sistema Diamond Grid reduce los costos en diseños de infraestructura vial.

Aguilar (2016), en su tesis para obtener el grado de ingeniero civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, que tiene como título “Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña”, menciona que el objetivo de su investigación fue identificar, comparar y determinar, con ayuda de los datos técnicos de geo sintéticos en estudio, cuál de los sistemas de revestimiento contra erosiones, los cuales son las geoceldas rellenos de concreto y colchones de gaviones, es más viable aplicarlo en la obra de defensa ribereña del río zamurilla. El diseño de la investigación fue cualitativo explicativo y la muestra utilizada fue informaciones del proyecto ejecutado de defensa ribereña en el río zamurilla, Tumbes. Los instrumentos que utilizó fueron la revisión de libros, guías de diseño, base de datos y expedientes técnicos. Esta tesis tuvo como conclusiones que el revestimiento con geoceldas (rellenas de concreto) son los más aptos para aplicar como protección en la obra de defensa ribereña del río zamurilla, debido a los resultados de mayor comportamiento frente las fuerzas de arrastre, menor coeficiente de rugosidad y mayor grado de estabilidad.

Núñez (2016), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, titulada “Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geo-sintéticos”, propuso como objetivo de investigación, valorar el espesor de subbase y base de una carretera aplicando geosintéticos y poder disminuir costos y tiempos de ejecución, así como, analizar el comportamiento que generará a lo largo del tiempo. El diseño de la investigación empleada fue cuantitativo experimental y utilizaron como muestra veintiséis muestras de subbase de la carretera Arapa – Chupa (PU114) - Dv. Huancané, para

someterlos a distintos ensayos. Los instrumentos usados fueron la observación simple e indirecta, equipos de laboratorio de mecánica de suelos y técnica de muestro sistemático. Sus conclusiones obtenidas fueron, que al emplear la geomalla biaxial EGB 40 en la subbase, presentó mejoras en su funcionalidad estructural, puesto que incrementó el CBR hasta 114.78% en una altura de 10 cm; además, se logró la reducción del espesor considerablemente en un 75 %, reducción de costos, materiales y tiempos de inversión hasta en un 37% comparado a los convencionales.

Santisteban (2019), en su tesis titulada “Evaluación de la estructura de pavimento flexible con la aplicación de geoceldas en Huaura – Huaura – Lima, 2019”, para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad César Vallejo, se propuso como objetivo, determinar la influencia en el aumento de CBR, en la reducción del grado de deformación y costos de ejecución de un pavimento flexible mediante la aplicación de geocelda en Huaura en comparación con uno si geocelda. El tipo de diseño utilizado fue cuantitativo no experimental y la muestra tomada en cuenta fue una longitud de 4.27 km del tramo de la ruta R44. Los instrumentos utilizados en su tesis fueron formatos estadísticos conteniendo datos de estudio de mecánica de suelos realizado en laboratorio. Las conclusiones que tuvo fueron que al reforzar la estructura del pavimento flexible con geocelda presentó menos deformación vertical de,1.73 mm a 1.28 mm, ahorro en costos de instalación de s/. 9.83 m<sup>2</sup>, aumento del costo de mano de obra en 4.95%, y reducción de plazo de construcción en 12 días menos.

Según Meza (2017), en su tesis cuyo título fue “Propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el centro comercial tambo plaza, Lurín - 2017”, como medio para optar el título de ingeniera civil, tuvo como objetivo determinar la reacción de los adoquines realizados a base de plástico reciclado teniendo en cuenta sus características físico y mecánicas en un pavimento de peatones en el distrito de Lurín. El diseño empleado en su investigación fue cuantitativo cuasiexperimental y tomó como muestra 44 adoquines de plástico reciclado. Los instrumentos que usó en su tesis, fueron ficha de datos e informaciones obtenidos de los ensayos en laboratorio de las características mecánicas y físicas de las muestras. Esta investigación concluye

que la implementación del plástico reciclado aumenta las características mecánicas y físicas del adoquín convencional en un 9.465%.

En todas las investigaciones, como proyecto, trabajo, tesis, y demás redacciones académicas y científicas requieren información detallada, concisa, y veraz, conseguidas a través de las distintas bibliografías confiables, para poder realizar la metodología y experimentaciones futuras, y para ello se requiere conocer todas las bases teóricas internacionales y nacionales que se muestran a continuación:

Existen diversos conceptos con respecto al pavimento, uno de los más actuales los define los autores:

Rondón y Reyes (2015), los cuales afirman que los pavimentos son obras viales conformados por capas sobrepuestas parcialmente horizontales, realizados para sostener cargas dinámicas originadas por la circulación de vehículos y por los medios ambientales.

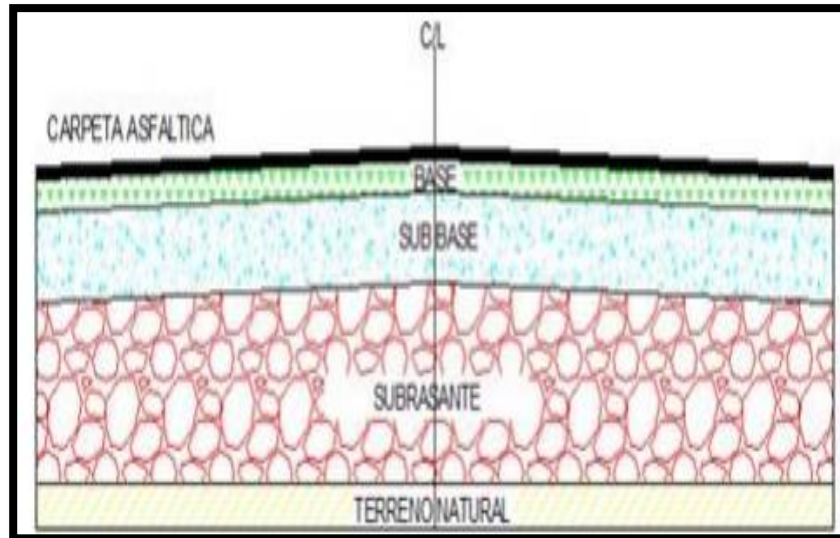
Similar concepto es definido por el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos- sección: suelos y pavimentos (2014), el cual conceptúa al pavimento como un armazón de diversas capas construidas encima de la subrasante del terreno para distribuir y soportar cargas originados por el tránsito vehicular.

Existen diversos tipos o familias de pavimentos con sus respectivas características físicas, mecánicas y estructurales, ya estudiadas, que, de manera general, se dividen en tres tipos, los cuales son el pavimento flexible, rígido, y articulados o en forma de adoquines.

A continuación, se describirá los conceptos de los pavimentos mencionados por varios autores:

El pavimento flexible, según Oyarzun (2018), es una estructura compuesta por capas inferiores conformado con materiales granulares que están sobrepuestos de la subrasante y capas superiores a base de material bituminoso; además, frente a deformaciones se comporta de manera elástica.

Por otro lado, Mora y Mendoza (2016) mencionan que la construcción del pavimento flexible resulta costoso, debido a los constantes mantenimientos que recibe, durante su vida útil que es de 10 a 20 años.

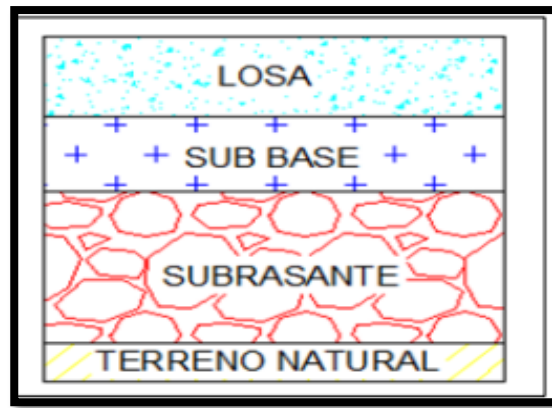


**Figura 1.** Estructura de un pavimento flexible. ( Mora y Mendoza, 2016)

En cambio, al pavimento rígido, el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos- sección: suelos y pavimentos (2014), lo define como una estructura compuesta en la parte superior por una capa de rodadura de concreto hidráulico, y en la parte inferior, por una capa subbase de materiales granulares o estabilizados con asfalto, cal y concreto.

Por otro lado, Castro, Castro y Castro (2020) Menciona que el pavimento rígido, dispersan las cargas verticales en grandes áreas, por contar con mayor rigidez en su estructura y en algunos casos, las deflexiones no son apreciables.

Según Mora y Mendoza (2016), afirman que el tiempo de vida útil de este pavimento está entre los 20 a 40 años.



**Figura 2.** Armazón de un pavimento rígido.(Mora y Mendoza, 2016)

En cuanto a la definición sobre el pavimento articulado o adoquinado, Rondón y Reyes (2015), mencionan que el pavimento articulado es aquel conformado con elementos individuales y rígidos compuestos con material prefabricado, los cuales se unen con arena de 3 a 5 cm de espesor.

Por otro lado, Oyarzun (2018), menciona que el pavimento articulado cuenta con una capa de rodadura conformado por materiales de hormigón prefabricados.

En cuanto a la clasificación o tipo de adoquines existentes en el Perú, la Norma NTP 399.611 indica la siguiente clasificación:

**Tabla 1.**  
*Clasificación de adoquines.*

Tipo	Uso
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores.

Fuente: (Norma CE-0.10 Pavimentos urbanos)

Uno de los componentes que conforman el paquete estructural de un pavimento adoquinado son los adoquines que según Pariguamán (2017), menciona que el adoquín es una unidad de concreto prefabricado de simple hormigón, con el cual pueden realizarse o usarse para distintitos fines, gracias a la variedad de colores que estos pueden poseer.

Las dimensiones del adoquín se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2.**  
*Dimensiones de adoquines.*

Tipo de adoquín	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)
Tipo I	10	20	4
Tipo II	10	20	6
Tipo III	10	20	8

Fuente: Norma técnica peruana 399.611

Dichas dimensiones están sujetas a las tolerancias máximas dadas por la NTP 399.611:

**Tabla 3.**  
*Tolerancia máxima de dimensiones de adoquines.*

Tolerancia Máxima dimensional (mm)		
Ancho	Largo	Alto
±1,6	±1,6	±3,2

Fuente: Norma técnica peruana 399.611

Los componentes de la estructura del pavimento adoquinado están compuestos por:

➤ **Capa de rodadura:**

Según el Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala (2016), menciona que la capa de rodadura del pavimento adoquinado está formada por unidades de concreto que al ser entrelazados unos con otros generan la distribución de cargas que reciben e imposibilita la descompresión individual.

➤ Sello de Arena:

La arena sirve como unión de las juntas entre las unidades de concreto y su granulometría debe estar conforme a la siguiente tabla:

**Tabla 4.**  
*Granulometría para sello de arena*

<b>Malla</b>	<b>Porcentaje que pasa (%)</b>
N° 4	100
N° 8	95 – 100
N° 16	70 – 100
N° 30	40 – 75
N° 50	10 – 35
N° 100	02 - 15
N° 200	00 - 05

Fuente: (Norma CE-0.10 Pavimentos urbanos.)

➤ Cama de Arena:

Sirve como base para las unidades de adoquines y el tamaño de las partículas tienen que cumplir con lo señalado por el manual de carreteras – especificaciones técnicas generales para la construcción (MTC-EG-2013) conforme a la siguiente tabla:

**Tabla 5.**  
*Granulometría para cama de arena*

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa (%)</b>
3/8"	100
N°.4	95 - 100
N°.8	80 - 100
N°.16	50 - 85
N°.30	25 - 60
N°.50	05 - 30
N°.100	00 - 10

Fuente: (Norma CE-0.10 Pavimentos urbanos)



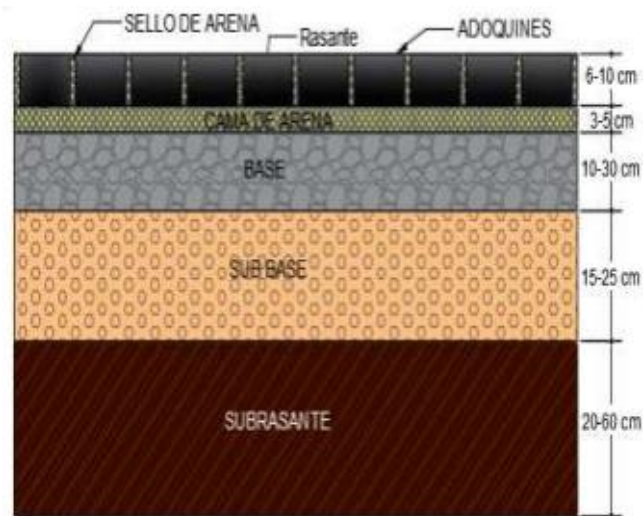
➤ Sub rasante:

Según Meza (2018), menciona que la subrasante es la capa con mayor importancia puesto que tiene como fin resistir las cargas de las demás capas y su soporte es del 95% de compactación.

➤ Sub base y base:

Según el Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala (2016), menciona que son capas ubicadas entre la subrasante y capa de rodadura, y son fundamentales pues dan mayor capacidad portante al pavimento adoquinado y los espesores dependerá mucho del tipo de suelo presente en una zona.

De todo lo definido anteriormente en la siguiente figura se aprecia la estructura convencional del pavimento articulado:

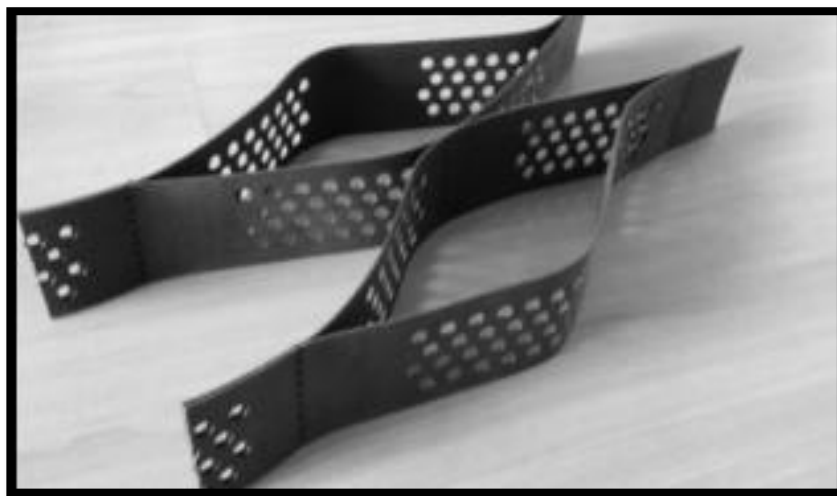


**Figura 4.** Estructura de un pavimento articulado.(Aysabucha, 2020)

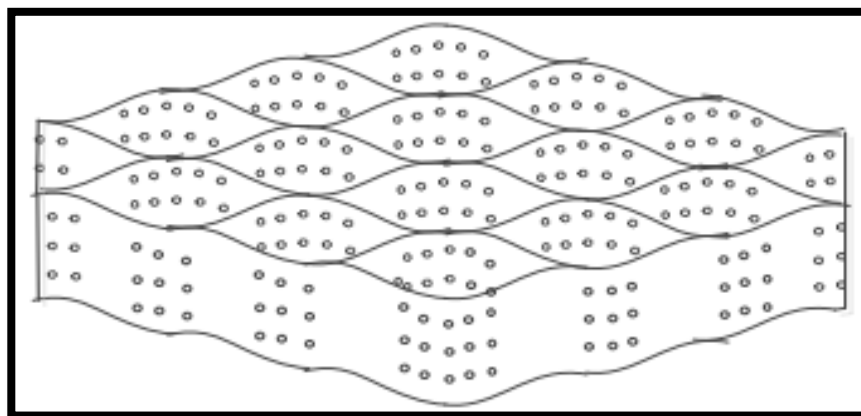
Las geoceldas, también conocidas como un sistema de confinamiento celular, son un grupo de geosintéticos que hace tiempo han servido como refuerzo en distintas obras civiles como taludes, losas de cimentación para almacenes portuarios, defensas ribereñas, etc. y con distintos rellenos de materiales, este y otros conceptos sobre este geosintético se mencionan a continuación:

Cuartas (2015), en su trabajo de investigación, menciona que la geocelda es un sistema de confinamiento celular que, al agregar material granular en las rejillas, mejora la estructura de un pavimento y reduce los espesores, todo ello se debe gracias al producto de una viga semirrígida compartiendo sus esfuerzos homogéneamente, lo cual ocasiona la disminución de esfuerzos sobre la subrasante y subbase.

Similar concepto es definido por Martín (2017) el cual afirma que, las geoceldas son individuales y al ser unidas pasan a ser una malla tridimensional, así como se presentan en las figuras siguientes:







**Figura 7.** Geocelda individual. (Cuartas,2015)



**Figura 10.** Geocelda compuesta. (Martín, 2017)

Actualmente según el portal PRS Geo–Technologies (2018), afirma que se pueden distinguir cuatro tipos de geoceldas, cada una con usos determinados, tal como se muestra en la figura:

Clase A – Rentable	Clase B – Calificada	Clase C – Celda Resistente	Clase D – Cargas pesadas
			
Uso: Aplicaciones a corto plazo como el control de erosión en taludes	Uso: Estabilizador de suelos para muros de contención, canales y sub rasante de infraestructura vial	Uso: Reforzamiento de la estructura de pavimento flexible	Uso: aplicación en la estructura de Aeropuertos, vías férreas, puertos y plataformas

**Figura 13.** Categoría de geoceldas. (PRS Geo–Technologies, 2018)

Una de las ventajas de las geoceldas según el portal PRS Geo–Technologies(2018) es que al aplicarlo disminuye el mejoramiento del suelo al 80% y que puede ser usado como relleno del mismo material.

En cambio, según los 55 artículos existentes en el portal PRS Geo–Technologies, las geoceldas no presentan desventajas en su uso, al contrario, con el pasar de los años va en aumento su calidad.

Una de las características de las geoceldas es que está conformado por 100% de polipropileno, el cual es un plástico de alta densidad y forma parte de los residuos sólidos que más están contaminando el medio ambiente.

Similar concepto es mencionado por Guamán (2017), el cual afirma que más del 60% de los plásticos que abundan en el planeta, y toman muchos años en degradarse son el polipropileno y el polietileno.

Por otro lado, Mattos y Vásquez (2019), mencionan que el sistema de confinamiento celular es muy eficiente, puesto que poseen una particularidad fascinante, gracias a la forma tridimensional de su estructura.

El polipropileno, según Guamán (2017), es un polímero que funciona como fibra y plástico y posee una densidad de 0.90 y 0.93 gr/cm<sup>3</sup>, soporta todo un día un esfuerzo de 25.5 kg/cm<sup>2</sup>, sin presentarse deflexiones apreciables y resiste hasta los 180° C. Cuenta con un comportamiento elástico alto, escaso de humedad, gracias a su presencia de poca agua y, sobre todo, es accesible reciclarlo.

En la siguiente tabla se muestra la resistencia a la temperatura del polipropileno de origen reciclado realizado por el laboratorio de operaciones de ciencias de Ecuador.

**Tabla 6.**  
*Apariencia del material extruido reciclado.*

POLIPROPILENO RECICLADO				
TEMPERATURA (C°)	MALO	BUENO	EXCELENTE	APARIENCIA EQUIPO
100- 120	X			Totalmente Viscoso
150-200		X		Parcialmente Viscoso EXTRUSOR DE
180-250			X	Forma Ideal TORNILLO
260-300	X			Quemado

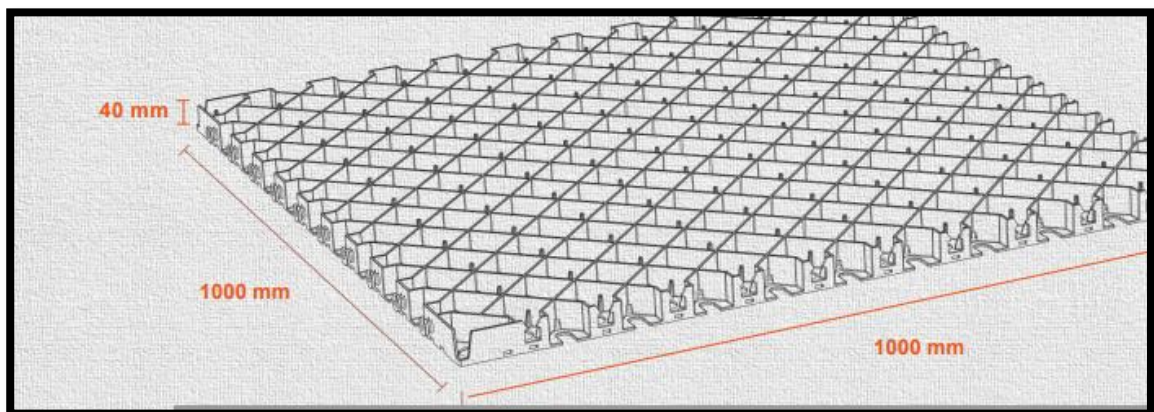
Fuente: Guamán (2017)

De acuerdo a los resultados descritos en la tabla anterior, según Guamán (2017), el polipropileno reciclado es resistente a temperaturas entre 180° a 250°C.

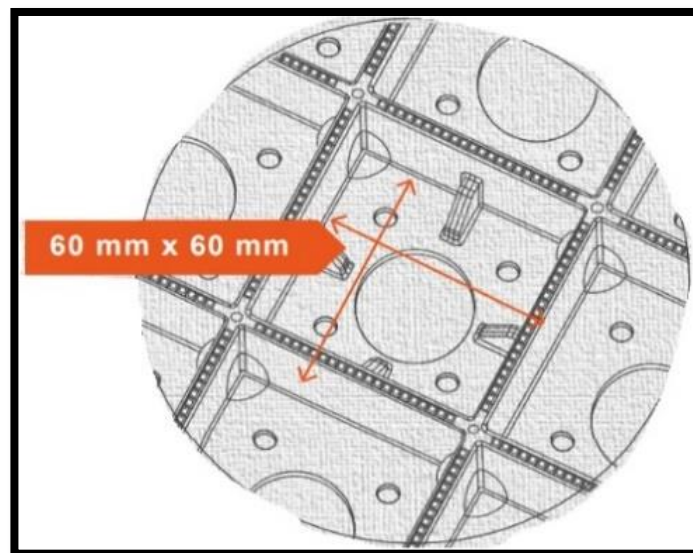
Según el Portal Tecnología minera (2020), menciona que la geocelda Diamond Grid forman una nueva capa de rodadura reforzada del pavimento adoquinado, las cuales son instaladas in situ con relleno de concreto y aplicados en zonas mineras; además, menciona que posee un rendimiento de 26.00 m<sup>2</sup> construidos por cada metro cubico de concreto, haciéndolo más económico que el pavimento adoquinado convencional y que disminuye en un 60.00% la emisión de gases del efecto invernadero.

El sistema de confinamiento celular Diamond Grid es suficientemente apto para soportar cargas dinámicas y estáticas de vehículos menores y pesados, cuenta con vacíos en forma de polígonos, como se muestra en la figura N°8, en el cual se emplea el material de relleno granular o actualmente de concreto y permite así, la permeabilidad del agua, además, al tener dimensiones pequeñas esta apto para ser aplicado en distintos tipos de superficies con la posibilidad de ser recortados manualmente a la forma que el terreno lo requiera.

En la siguiente figura se puede apreciar la geocelda Diamond Grid mencionada:



**Figura 16.** Plancha Diamond Grid. (Diamond Grid Latin America SAC)



**Figura 19.** Sistema de drenaje de la plancha Diamond Grid. (Diamond Grid Latin America SAC).

Sus principales características, ventajas y especificaciones técnicas, según, Diamond Grid Latin America SAC, se detallan a continuación:

**Tabla 7.***Características, ventajas y especificaciones técnicas del Diamond Grid.*

Características y Ventajas	Especificaciones técnicas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cuenta con espesor reducido</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resistencia a la Compresión = 30.48 kg/cm<sup>2</sup></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Es resistente a los rayos Uv gracias a su protección Uv.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resistencia a la Tracción = 195.79 kg/cm<sup>2</sup></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Es Reutilizable</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resistencia a la Flexión = 301.84 kg/cm<sup>2</sup></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Su Instalación es dinámica y no requiere mano de obra especializada.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Módulo Elástico = 813 Mpa</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Posee un Sistema de ensamble</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Módulo de Flexión = 1032 Mpa</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumenta la vida útil de las vías, reduciendo los gastos en mantenimientos constantes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peso por Plancha = 5.50 kg</li></ul>

Fuente: Diamond Grid Latin America SAC.

El empleo de concreto en las celdas Diamond Grid actualmente tiene varios beneficios con respecto a las losas de concreto con refuerzos convencionales.

A continuación, se muestra Diferencias entre losas de concreto vs losa adoquinada Optimizada in situ al ser empleadas en 2500.00 m<sup>2</sup>:

**Tabla 8.***Diferencias entre losas de concreto vs losa adoquinada Optimizada in situ.*

Características	Losa de Concreto	Losa Adoquinada Optimizada in Situ
Espesor	15.00 – 60.00 cm	4.00 cm
Normativa de diseño	✓	✓
Rendimiento de concreto en un 1.00 m <sup>3</sup>	5.16 – 2.58 m <sup>2</sup>	26.00 m <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión	210.00 – 350.00 kg/cm <sup>2</sup>	450.00 – 908.75 kg/cm <sup>2</sup>
Base granular	✓	✓
Uso de acero de refuerzo	✓	X
Uso de fibra metálica	✓	X
Uso de encofrado	✓	X
Juntas de dilatación y contracción	✓	X
Elementos estructurales de confinamiento	✓	✓
Diferentes tipos de acabado	✓	✓
Aplicación de revestimiento superficial	✓	✓
Tiempo de ejecución	30 días	4 días
Tiempo de curado	14 días	5 días
Liberación al tránsito	28 días	5 días
Mantenimiento preventivo	✓	X

Fuente: Diamond Grid Latin America SAC.

### **III. METODOLOGÍA**



### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **Tipo de investigación**

Todo proceso de investigación requiere el empleo de metodologías, estrategias o medios los cuales ayudarán a conseguir el fin de un caso de estudio que en esta investigación es determinar la influencia de la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la carpeta de rodadura del diseño estructural de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín 2021, contando como base al método científico.

Como parte de la metodología de investigación, se debe determinar el tipo de investigación a realizar y en este proyecto se usará el tipo de investigación aplicada, puesto que se buscará dar una solución a un problema determinado, dicha definición contrasta con lo mencionado por:

Biblioteca Duoc (2018), la cual menciona que la investigación aplicada posee como fin solucionar un problema específico orientándose en la búsqueda del conocimiento para su aplicación y beneficio del progreso científico y cultural.

#### **Diseño de investigación**

De acuerdo a Moreira, Bermeo y Plaza (2019), el diseño experimental se basa en la manipulación de una variable independiente, y así determinar el efecto que causa en la variable dependiente, también afirma que tiene una metodología de aplicación del conocimiento, emplea un prototipo de comprobación de la hipótesis y controla las variables.

Teniendo como base lo descrito en el párrafo anterior, en esta investigación se optará por usar un diseño experimental, puesto que con este diseño se buscará responder las interrogantes, sometiendo a prueba las hipótesis y así cumplir con los objetivos determinados. Asimismo, el tipo de diseño experimental que se usará en este proyecto es cuasiexperimental, porque las variables o grupo de control no son escogidas al azar, de lo contrario, es elegida previamente por uno mismo y se aplicará un tratamiento a una sola variable para luego ver los resultados, dicho concepto es definido por:

Mousalli y Kayat (2015), los cuales afirman que el diseño cuasiexperimental se aplica cuando es imposible la selección aleatoria y la asignación de los sujetos al grupo de control.

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **Variables.**

Según Sánchez, Reyes y Mejía (2018), definen a la variable como un carácter, posesión o cualidad manifiesta de un objeto que puede representarse por un número, valor o categoría; además, es abstracta y tiene la necesidad de transformarse a formas sencillas, concretas y que pueden ser medidas.

Por otro lado, las variables, según Carballo y Guelmes (2016), se clasifican por su naturaleza en variables cuantitativas, aquellas que pueden ser contadas y medidas y en variables cualitativas, las que representan cualidades del individuo en estudio. También, mencionan que por su relación se clasifican en variables independientes, aquellas que son manipuladas por el investigador y en variables dependientes, las que se modifican a causa de la dependiente.

Tomando en consideración lo descrito en párrafos anteriores, esta investigación, por su naturaleza, presenta dos variables cuantitativas, las cuales son:

**Variable Independiente:** Geocelda Diamond Grid rellena con concreto.

Según (Diamond Grid Australia Pty Ltd Brisbane, QLD), menciona que es un sistema conformado por rejas entrelazadas entre sí, que cuenta con la propiedad de ser permeable; además, disminuye la erosión y quita la actividad de compactación hacia el suelo.

**Variable dependiente:** Diseño de un pavimento adoquinado.

Según Gonzales y Cardona (2018), mencionan que la capa de rodadura del pavimento adoquinado está conformada por el conjunto de unidades prefabricadas de concreto, conocidos como adoquines.

## **Operacionalización.**

Por otro lado, en toda investigación es necesario construir y administrar las ideas planteadas, para ello es necesario llevar a una variable a su mínima expresión es decir desglosarlas en términos concretos, observables y medibles, todo ello se logra a través de una matriz de operacionalización de variables, la cual es definida por:

Carballo y Guelmes (2016), afirmando que la operacionalización de variables permite aclarar cómo se van a evaluar o medir las variables, y que es el proceso de transformar una variable imprecisa a una más precisa o concreta.

La matriz de operacionalización de variables está descrita en el anexo N° 1.

### **3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.**

#### **Población.**

Según Gómez, Keever y Novales (2016), respecto a la población, mencionan que son un grupo de casos, limitado, contextualizado y de fácil acceso que ayudará al investigador la selección de la muestra en estudio.

Tomando en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior en esta investigación, la población de estudio será todas las avenidas que conectan a la zona industrial de Lurín.

Por consiguiente, para seleccionar dicha población se consideró y examinó los siguientes criterios:

#### **Criterios de inserción:**

- El estado actual del pavimento asfáltico existente en la avenida Industrial en el distrito de Lurín, pues es el centro de la problemática en esta investigación.
- La presencia de grandes empresas industriales a lo largo de toda la avenida Industrial.
- La presencia en gran proporción de vehículos pesados que transitan por la avenida Industrial.

### **Criterios de exclusión:**

- El estado actual del acceso principal a la avenida Industrial, puesto que esta visiblemente en buenas condiciones.
- Las avenidas secundarias o arterias viales que están presentes a lo largo de toda la avenida, porque, a pesar que la mayoría están en mal estado, no se consideran parte de la población para esta investigación.

### **Muestra.**

Según el manual II para la elaboración del trabajo de tesis de la universidad de Ricardo Palma (2020) menciona que la muestra es un subconjunto de una población la cual debe tener similares características de dicha población, es decir, es una parte representativa y con características iguales de toda la población a la cual se someterá a estudio.

Definido el concepto de muestra, en la presente investigación se tomará como muestra la avenida Industrial que está conformada aproximadamente por 3 km de carretera.

### **Muestreo.**

Según Sánchez, Reyes y Mejía (2018), definen al muestreo como un grupo de operaciones realizadas a fin de analizar las características totales de una población, conocida como muestra.

Las técnicas de muestreo, Otzen y Manterola (2017), son:

- Probabilística: Es la técnica por la cual las muestras son elegidas al azar y calculadas con una fórmula estadística, es decir con probabilidades, la cual se aplica a cada sujeto de la población.
- No probabilística: Es la técnica que permite seleccionar los casos característicos de una población, las cuales son de manera Intencional, cuando la muestra es muy pequeña, por conveniencia de accesibilidad a los individuos para el investigador y de manera accidental, con el cual se pretende incluir a todos los sujetos viables como parte de la muestra.

Por consiguiente, en esta investigación se aplicará la técnica del muestreo no probabilístico-por conveniencia.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

#### **Técnicas de recolección de datos.**

Para Sánchez, Reyes y Mejía (2018), son herramientas aplicadas en una investigación para juntar información, las cuales pueden ser directas e indirectas.

Tomando como referencia lo mencionado en el párrafo anterior, en esta investigación se empleará la técnica directa de la observación pues esta técnica compromete ver y realizar un control sistemático de la reacción o comportamiento de la muestra seleccionada.

También se utilizará la técnica de revisión de documentos para buscar y analizar manuales, libros, tesis, normas y especificaciones concernientes a carreteras, para definir organizadamente todos los procesos necesarios para obtener resultados propuestos.

#### **Instrumentos de recolección de datos.**

Según Sampiere, Fernández y Baptista (2014), declaran que los instrumentos son las herramientas que se emplea para registrar datos de las variables definidas.

Por lo consiguiente en esta investigación, basándose en la técnica de la observación, el instrumento más factible de utilizar para poder registrar de manera ordenada la información es la guía de observación.

#### **Validez y confiabilidad.**

Según Sampiere, Fernández y Baptista (2014), menciona que la validez de un instrumento se refiere a que la variable que será medida, realmente sea medida por un instrumento, por ello se usa la validez para determinar el grado de veracidad del instrumento utilizado.

Según Sampiere, Fernández y Baptista (2014), menciona que la confiabilidad de un instrumento se refiere al nivel de efectividad que produce un instrumento al ser aplicado, es decir, que los resultados que se obtienen por el uso de un instrumento dado deben ser coherentes.

Tomando lo dicho en los párrafos anteriores, la validez y confiabilidad de los instrumentos que se utilizaran en esta investigación serán efectivas, puesto que todos los resultados de los ensayos que se requieran para esta investigación, serán dados por los laboratorios con fichas membretadas y firmadas por un ingeniero colegiado, y los equipos que se utilicen para dichos ensayos, serán debidamente calibrados; además, se hará uso de formatos y fichas normadas.

Los resultados membretados y formatos validados y confiables se encuentran en la sección de anexos.

### **3.5. Procedimientos**

En el presente proyecto de investigación “Diseño de un Pavimento Adoquinado Incorporando Geocelda Diamond Grid en la Carpeta de Rodadura en la Avenida Industrial, Lurín 2021.” se diseñará un pavimento adoquinado compuesto por geocelda Diamond Grid teniendo como base la ideología de la guía AASHTO 1993 y la normativa CE. 010 “pavimentos urbanos”, debido a que la dispensación de cargas y maneras de fallas son similares a las que sucede en los pavimentos flexibles.

Primeramente, se realizó una visita de campo para determinar visualmente el estado actual del pavimento existente en la avenida Industrial, en la cual se observó deterioros tales como baches, grietas, ahuellamientos, erosión y otros daños notorios en la carpeta de rodadura; posterior a ello, se evaluará el tráfico mediante la realización del conteo vehicular por una semana en horarios puntuales con el fin de determinar las números y cargas de los vehículos y configuraciones de ejes y ruedas; seguido a ello, se realizarán los cálculos necesarios para determinar el número de ejes equivalentes.

Después de esto se continuará con la realización de una calicata de 1 m<sup>2</sup> x 1.5 m de profundidad siguiendo la NTP 339.162 (ASTM D 420) para la respectiva toma de muestra alterada y posteriores estudios de mecánica de suelos indispensables en el diseño del pavimento.

Seguidamente, se realizará el estudio de mecánica de suelos en el laboratorio “M y M Laboratorio de suelos y concreto”, tales como, análisis granulométrico según la

norma NTP 339.128, con el fin de determinar el huso granulométrico del suelo tomado como muestra.

Seguidamente, con los datos que se obtendrán por el ensayo de granulometría, se realizará el ensayo de límites de atterberg, para poder definir la clasificación del tipo de suelo según ASHTO; luego, se realizará el ensayo de Proctor modificado según la NTP (339.150), para determinar la cantidad de humedad y densidad seca de la muestra; posterior a ello, se realizará el ensayo de CBR, con el fin de determinar la resistencia de la subrasante. Con el valor obtenido del CBR y escogido el Módulo de resiliencia según la normativa CE. 010 "Pavimentos Urbanos", se procederá a realizar los cálculos para el diseño de la estructura del pavimento adoquinado, utilizando la metodología AASHTO 1993.

Obtenido los espesores de la capa de rodadura, base y subbase, se diseñará la estructura del pavimento adoquinado con una carpeta de rodadura a base de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Una vez determinadas la estructura del pavimento adoquinado con la capa de rodadura conformada por la geocelda Diamond Grid, se procederá a realizar los diseños de mezclas según la metodología ACI y posterior elaboración de 3 probetas para la fabricación del adoquín tipo I (10 x 20 x 4 cm de espesor), 3 para el adoquín tipo III (10 x 20 x 8 cm de espesor) y 3, para la geocelda Diamond Grid de 12 cm de largo, 6 cm de ancho y 4 cm de espesor.

Posterior a ello, se realizará el ensayo a la resistencia a la compresión del concreto de acuerdo a la norma NTP 339.034.

Finalmente, se determinará el rendimiento y costos de suministro, instalación y ejecución del pavimento adoquinado.

Los programas y software de apoyo que se usaran son:

- AutoCAD 2021, para la representación de planta y perfil de las componentes estructurales del pavimento adoquinado.
- Microsoft excel, para la realización de cálculos para el diseño del pavimento y para los costos.
- Google Maps y para la delimitación y ubicación de la avenida Industrial.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Según Sánchez, Reyes y Mejía (2018), afirman que es la parte de investigación en la cual se busca organizar toda la información adquirida para luego ser tratada meticulosa o metódicamente, describiendo e interpretando dicha información.

Primeramente, para la adquisición de información sobre el pavimento adoquinado se utilizará la normativa CE. 010 "Pavimentos Urbanos, el manual de ensayos de materiales del MTC-2016, el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

Por otro lado, Según Sampiere, Fernández y Baptista (2014), menciona que los pasos más importantes para realizar el análisis de datos cuantitativos son, explorar los datos, en el cual se analizará, describirán y visualizarán las variables; realizar análisis adicionales, los cuales se evaluarán posteriormente y representar los resultados, los cuales se harán mediante las herramientas excel-2019, word-2019 y power point -2019.

### **3.7. Aspectos éticos.**

Según Caballero (2017), la ética es un conjunto de principios o normas que toda persona debe regirse a nivel social y laboral.

En la posible ejecución de este proyecto de investigación como obra, se hará uso de los códigos internacionales adoptadas por la convención de las Naciones Unidas (2004) , como el de la disputa contra la corrupción, en el cual recomienda que los gobiernos acojan códigos de conducta para el educado, distinguido y debido cumplimiento de los cargos públicos (artículo 8), así como para el correcto, distinguido y debido ejercicio de las actividades productivas y de todas las profesiones oportunos y para la prevención de problemas de intereses (artículo 12).

También se respetará los códigos éticos establecidos por el colegio de ingenieros del Perú, en el cual se menciona que todo ingeniero civil está al servicio de la comunidad, por ende, están obligados favorecer al bienestar humano, brindar prioridad a la seguridad y correcto uso de los recursos al momento de desempeñarse en sus actividades profesionales.

También en el artículo 15 del código ético , afirman que los valores que deben estar presentes en la forma de actuar son la lealtad profesional, la honestidad, solidaridad, responsabilidad, inclusión social, respeto y justicia; y en el artículo 45,



menciona que los ingenieros deben asesorar oportunamente las consultas que sus clientes realicen y brindar sugerencias técnicas que faciliten la solución a sus problemas propuestos.

## **IV. RESULTADOS**

A continuación, se realizó la recopilación de resultados obtenidos gracias al instrumento de recolección de datos.

En primer lugar, para conseguir el objetivo general relacionado a determinar la influencia de la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la carpeta de rodadura del diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín, 2021, se sostuvo primeramente que, en todo diseño estructural de un pavimento ya sea flexible, rígido o semirrígido, intervienen diversos factores que ayudan a obtener los resultados que se esperan para un buen funcionamiento y trabajabilidad de un pavimento.

Dichos factores que intervienen según manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos- sección: suelos y pavimentos, 2014, son el estudio de mecánica de suelos, estudio del tráfico, ensayos especiales (CBR y Proctor modificado) e intervención del medio ambiente.

Dando respuesta al “OE1” (objetivo específico 1), se procedió a realizar el análisis de los factores mencionados en el párrafo anterior.

### **Estudio de mecánica de suelos.**

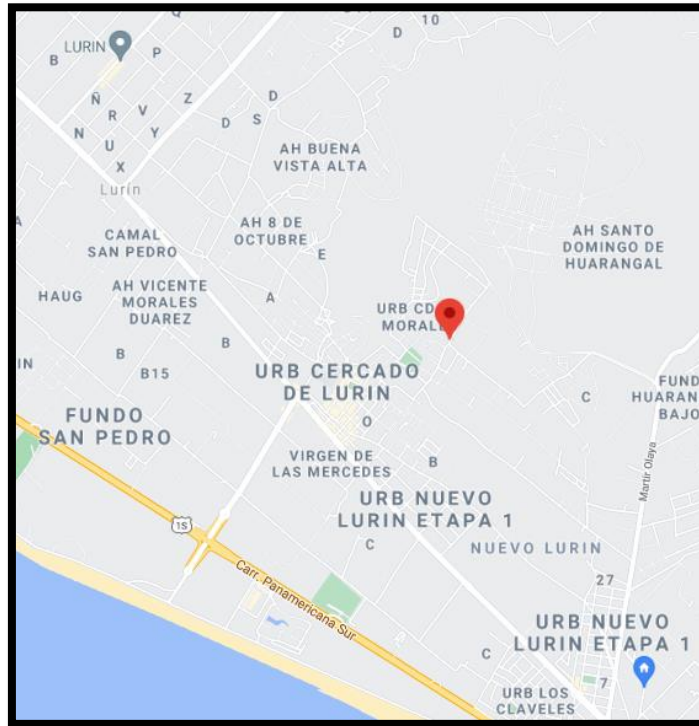
El estudio de mecánica de suelos se realizó con fines de pavimentación para la presente tesis, la cual se desarrolló siguiendo las indicaciones y normas del manual de ensayo de materiales (2016).

Primero, se realizó una visita a campo para hacer un reconocimiento del terreno y se identificó las zonas de poco riesgo para la excavación de calicatas.



**Figura 9.** Visita a campo. (Elaboración Propia)

La ubicación de la avenida en estudio es en la avenida Industrial, distrito de Lurín, municipalidad de Lima, provincia de Lima:



**Figura 10.** Ubicación del distrito de Lurín.(Google Maps, 2019).



**Figura 22.** Ubicación satelital de la avenida Industrial.(Google Maps, 2019).

La cantidad de calicatas a realizar se determinó según el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos.-sección: suelos y pavimentos.

**Tabla 9.**

*Número de calicatas a estudiar. (Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos.-sección: suelos y pavimentos, 2014)*

<b>Tipo de carretera</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Número mínimo de Calicatas</b>	<b>Observación</b>
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido.	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	4 calicatas x km	
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	2 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 calicata x km	

Fuente: (Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos.-sección: suelos y pavimentos., 2014)

Teniendo como base ello y considerando que se trata de un estudio de factibilidad o prefactibilidad como lo menciona la norma se ha considerado realizar tres calicatas en 1 km.

**Tabla 10.**  
*Exploración de campo*

<b>N°de calicata</b>	<b>Código</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Ubicación</b>
1	C-1	1.50 m	Avenida Industrial Progresiva: Km 0+166 m
2	C-2	1.50 m	Avenida Industrial Progresiva: Km 0+424 m
3	c-3	1.50 m	Avenida Industrial Progresiva: Km 0+693 m

Fuente: Elaboración Propia

Según el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos.-sección: suelos y pavimentos. (2014) con las muestras extraídas de las calicatas efectuadas, se realizaron algunos de los ensayos de laboratorio que obliga la norma.

**Tabla 11.***Ensayos realizados de mecánica de suelos*

<b>Ensayos de laboratorio</b>	<b>Ensayos especiales</b>
Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107	California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC – E132, Módulo resiliente de suelos de subrasante AASHTO T 274, MTC – E128.
Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E110	Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC – E115
Límite Plástico ASTM D-4318, MTC E111	
Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E108	
Clasificación AASHTO M-145	
Clasificación SUCS ASTM D-2487	

Fuente: Elaboración Propia

### **Análisis Granulométrico por Tamizado.**

Este análisis se realizó en el laboratorio de suelos “M y M Laboratorios de suelos y concreto” mediante la norma NTP 339.128:199 (2019) a las tres muestras de suelos seleccionadas con el propósito de clasificar el suelo de acuerdo a su tamaño y así determinar qué tipo de suelos y que porcentaje posee.

A continuación, se demuestra la realización y resultados del análisis granulométrico por tamizado desarrollado:



**Figura 12.** Elaboración del análisis granulométrico.(Elaboración propia).

**Tabla 12.**  
*Análisis Granulométrico por Tamizado*

DESCRIPCIÓN	CALICATA	CALICATA	CALICATA	NORMA UTILIZADA
	C-1	C-2	C-3	
GRAVA (N°4 < a < 3")	4.3%	1.7%	1.6%	NTP 339.128:199 (2019)
Gruesa (N°10 < a < N°4)	4.5%	1.1%	1.4%	
Media (N°40 < a < N°10)	15.2%	7.8%	6.6%	
ARENA (N°200 < a < N°4)	80.3%	91.1%	92.0%	
Fina (N°200 < a < N°40)				

Fuente: Elaboración Propia



**Interpretación:** Según los resultados obtenidos del estudio granulométrico por tamizado de las muestras ensayadas se determinó que la zona de estudio está compuesta en un promedio de 97.46% de arena y solo el 2.54% de grava.

**Observaciones:** En la calicata C-1 se encontró aproximadamente 1% de restos de ladrillos y restos de concreto. Los detalles completos del análisis granulométrico se encuentran en la sección de anexos.

**Perfil estratigráfico.**




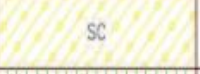
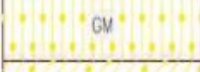



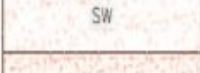
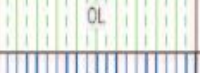


Luego de obtener los resultados granulométricos, se procedió a realizar la clasificación de suelos SUCS con la norma ASTM D 2487, la cual se utiliza para todo proyecto de ingeniería, y el AASHTO, la cual es netamente usado para la construcción de pavimentos.

Se clasificó tomando en cuenta las siglas normadas:


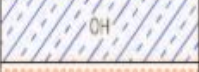
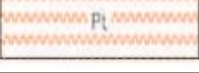
Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Fuente: Simbología AASHTO

**Figura 13.** Simbología para perfil de calicatas.-AASHTO. (Simbología AASHTO-93)

	Grava bien mezclada arena, grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulados.		Materiales limos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco nada de material fino.		Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcillosas.
	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa.		Limas orgánicas y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limas arcillosas con ligera plasticidad.
	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla grava con material fino cantidad apreciable de material fino.		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a mediana, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas trozas.
	Arena bien graduada, arenas con grava, poco o nada de materia fina. Arenas limpias poco o nada, amplia variación en tamaños granulados y cantidades de partículas en tamaño intermedios.		Limas orgánicas y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.		Limo inorgánico suelos finos gruesos o limosos, micaceas o diatomáceas, limos esbólicos.

	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasas.
	Arcillas orgánicas de mediana a elevada plasticidad, limas orgánicas.
	Turba, suelta considerablemente orgánicas.

**Figura 14.** Simbología para perfil de calicatas.-SUCS. (Manual de ensayos de materiales - MTC-E101, Símbolos gráficos para suelos).

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 13.**  
*Clasificación de suelos*

N° DE MUESTRA	N° DE CALICATA	CLASIFICACIÓN		
		SUCS	AASHTO	DESCRIPCIÓN
C-1	1	SM	A-2-4(0)	Arena limosa
C-2	2	SP	A-3(0)	Arena mal graduada
C-3	3	SP	A-3(0)	Arena mal graduada

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** Según los resultados obtenidos del estudio granulométrico por tamizado ASTM se determinó que el tipo de suelo de la muestra C-1 de la calicata 1 es denominado como “Arena limosa” y las muestras C-2 y C-3 de la calicata 2 y 3 tienen un mismo tipo de suelo y es denominado “Arena mal graduada”.

### Límites de consistencia.

Este ensayo se realizó con las indicaciones de la norma ASTM D4318 y, según el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos.-sección: suelos y pavimentos 2014, permite conocer cuan frágil puede ser el suelo en relación a la cantidad de agua que éste posee.



**Figura 15.** Elaboración del ensayo de Copa de Casagrande.(Elaboración propia).

Los resultados obtenidos de dicho ensayo se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 14.**

*Límites de consistencia.*

N° DE MUESTRA	N° DE CALICATA	Límites de Atterberg			Clasificación (Carta de plasticidad)
		Líquido	Plástico	Índice plástico	
C-1	1	-	NP	NP	Limo de baja plasticidad
C-2	2	-	NP	NP	Limo de baja plasticidad
C-3	3	-	NP	NP	Limo de baja plasticidad

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** Según los resultados obtenidos del estudio de los límites de atterberg, se determinó que el tipo de material presente en las muestras de las tres calicatas no poseen plasticidad, y según la carta de plasticidad se clasificó como limo de baja plasticidad.

## Contenido de humedad.

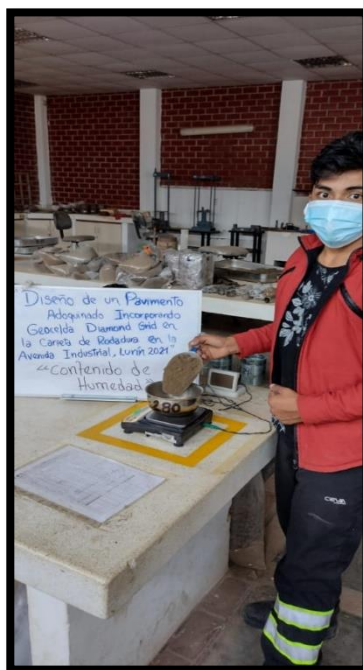
Este ensayo permite determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco, la cual se realiza utilizando la norma técnica ASTM D2216. Los resultados obtenidos de este ensayo se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 15.**  
*Contenido de humedad.*

MUESTRA	CALICATA	Contenido de Humedad		
		Método Empleado	Tamaño máximo nominal	Cantidad
C-1	1	A	1"	2%
C-2	2	A	N° 10	1%
C-3	3	A	N° 10	1%

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** Según los resultados obtenidos del estudio de contenido de humedad, se determinó que el tipo de material presente en las muestras de las tres calicatas son no plásticos, es decir no posee plasticidad, y según la carta de plasticidad se clasificó como limo de baja plasticidad.



**Figura 16.** Elaboración del ensayo de Contenido de humedad.(Elaboración propia).

### **Proctor Modificado.**

Este ensayo tiene como finalidad determinar la cantidad óptima de agua de un suelo que permite la mejor compactación para una energía dada.

Se eligió el Proctor modificado, puesto que, para el buen diseño de la estructura del pavimento adoquinado, según norma, se requiere una energía de compactación mucho mayor que la del Proctor estándar.

Este ensayo se realizó con el método "A", en el cual se usa un molde de 4 pulgadas de diámetro, con 5 números de capas y 25 golpes por cada una de ellas y se emplea el material que pasa por el tamiz N° 4.



**Figura 17.** Elaboración del ensayo de Proctor Modificado.(Elaboración propia).

**Tabla 16.**  
*Datos para el ensayo Proctor modificado.*

<b>Datos</b>	<b>Valores</b>
Porcentaje retenido. Tamiz 3/4"	0.84 %
Porcentaje retenido. Tamiz 3/8"	1.88 %
Porcentaje retenido. Tamiz N°4	3.62%
Fracción sobretamaño	3.62 %
Fracción de ensayo	96.38 %
Humedad de recepción	2 %
Método de preparación	Húmedo
Descripción	Arena Limosa
Clasificación	SM

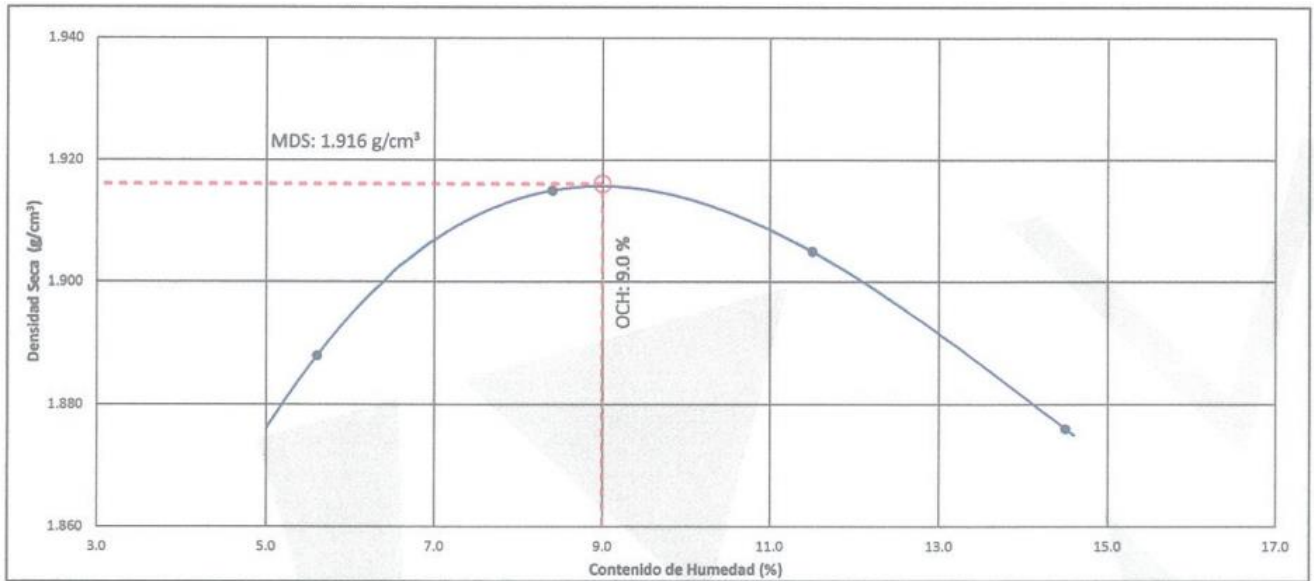
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 17.**  
 Datos obtenidos del ensayo Proctor modificado.

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>			
Densidad Seca(g/cm <sup>3</sup> )	1.888	1.915	1.905	1.876
Humedad (%)	5.6	8.4	11.5	14.5

Fuente: Resultados de laboratorio.

Los resultados obtenidos y mostrados en la tabla anterior, están graficados en la siguiente figura:



**Figura 18.** Contenido de humedad vs Densidad seca.(Resultados de laboratorio).

**Tabla 18.**

*Máxima densidad seca y Óptimo contenido de humedad.*

Descripción	Valores
Máxima Densidad seca	1.916 (gr/cm <sup>3</sup> )
Óptimo contenido de humedad	9.0 %

Fuente: Resultados de laboratorio.

**Interpretación:**

En la figura y tabla anterior se aprecia la gráfica realizada con los valores obtenidos de contenido de humedad y densidad seca del ensayo Proctor modificado, de ello se establece que el punto de inflexión máximo es la densidad máxima seca, teniendo como resultado de MDS: 1.916 g/cm<sup>3</sup>. y como Óptimo contenido de humedad de 9.0%.

**California Bearing Ratio (C.B.R)**

Este ensayo sirve para determinar la resistencia o capacidad portante del terreno, es decir, determinar la resistencia de los materiales que conforman la subrasante, subbase y base de un pavimento. Este ensayo se usa en la construcción de pavimentos y vías de aterrizaje.



Este ensayo se realizó según lo establecido en la norma técnica ASTM D1883 – 16, en la cual menciona que se debe compactar cada capa con 56, 25 y 10 golpes y el espécimen debe saturarse por 96 horas.



**Figura 19.** Desarrollo del ensayo de CBR.( Elaboración propia).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ensayo del CBR:

**Tabla 19.**

*Resultados del ensayo de CBR.*

<b>Espécimen</b>	<b>56 golpes</b>	<b>25 golpes</b>	<b>10 golpes</b>
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.921	1.825	1.754
Humedad inicial (%)	8.9	9.1	9.3
Humedad final (%)	11.3	12.2	13.9
Hinchamiento (%)	0.0	0.0	0.0
CBR a 0.1" de penetración	57.2	32.1	16.3
CBR a 0.2" de penetración	61.7	35.7	18.6

Fuente: Elaboración Propia



### Interpretación:

En el cuadro anterior se puede apreciar los cambios de valores conforme va en aumento la cantidad de golpes; sin embargo, no existe hinchamiento pues se trata de una arena fina.

### Tabla 20.

Valor de CBR a 0.1" de penetración.

Descripción	Porcentaje (%)
CBR al 100 % MDS	55.7
CBR al 95 % MDS	31.0

Fuente: Elaboración Propia

### Tabla 21.

Valor de CBR a 0.2" de penetración.

Descripción	Porcentaje (%)
CBR al 100 % MDS	60.3
CBR al 95 % MDS	34.4

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la gráfica de los resultados obtenidos:

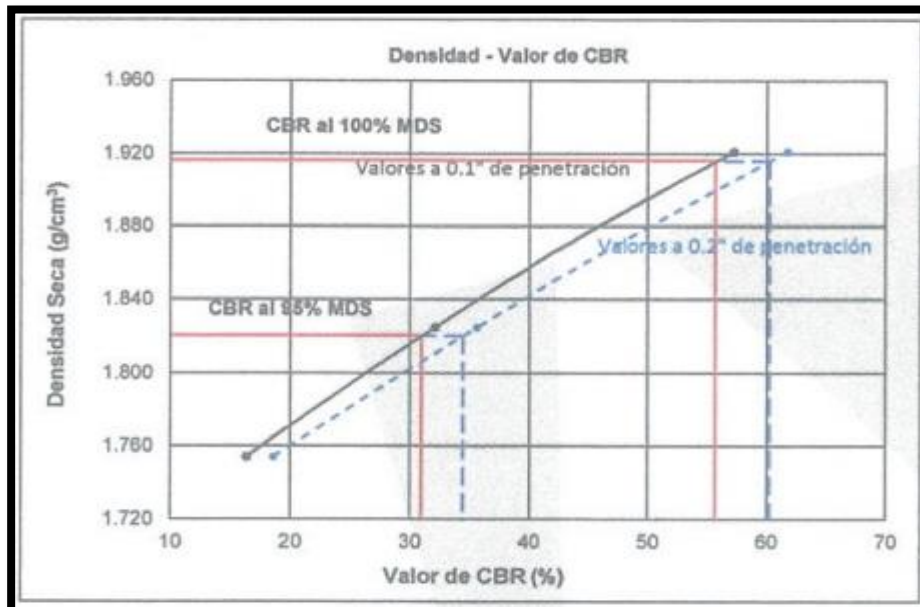


Figura 20. Gráfica de Densidad vs Valor de CBR.(Resultados de laboratorio).

### **Interpretación:**

En los dos cuadros y figura anteriores se muestran los resultados obtenidos al 100 y 95 % aplicando a 0.1" y a 0.2" de penetración, según la norma, se tomó como CBR al 95 % del menor valor resultante el cual es CBR al 95% MDS: 31.0.

### **Estudio de tráfico.**

Para llegar a los resultados en relación al objetivo específico "OE2" que es determinar la influencia del estudio del tráfico en el diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial se describen a continuación:

El tránsito, indudablemente, es un factor muy importante para el diseño del pavimento, puesto que, en el diseño geométrico y cálculo de espesores del pavimento, influyen las dimensiones de vehículos, volumen el número y peso de los ejes de los vehículos circulantes en la vía de estudio, es por ello que se procedió a recopilar información, analizar y procesar los datos correspondientes al estudio del tráfico.

### **Recopilación de información**

Se realizó el conteo vehicular correspondiente en la avenida Industrial, se eligió como estación principal, la intersección de la avenida los gallos con la avenida Industrial, frente a la fábrica "INTRADEVCO". Tal cual menciona la norma del ministerio de transporte y comunicaciones, se realizó el conteo vehicular por 7 días y durante las 24 horas, iniciando el día lunes 12-04-2021 al 18-04-2021.

Con el conteo de vehículos se determinó la cantidad y tipos de vehículos que transitan en dicha avenida, contando como base un formato adaptado de conteo vehicular perteneciente al ministerio de transporte y comunicaciones.



**Figura 21.** Registro de conteo vehicular.(Elaboración propia).



**FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

TRAMO DE LA CARRETERA:		INICIO DE AVENIDA INDUSTRIAL (1KM)										ESTACION	
SENTIDO		E ←					S →					CODIGO DE LA ESTACION	
UBICACION												DIA Y FECHA	

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01																			
01-02																			
02-03																			
03-04																			
04-05																			
05-06																			
06-07																			
07-08																			
08-09																			
09-10																			
10-11																			
11-12																			
12-13																			
13-14																			
14-15																			
15-16																			
16-17																			
17-18																			
18-19																			
19-20																			
20-21																			
21-22																			
22-23																			
23-24																			

ENCUESTADOR: \_\_\_\_\_ JEFE DE BRIGADA: \_\_\_\_\_ ING. RESPONS: \_\_\_\_\_ SUPERV. MTC: \_\_\_\_\_




















**Figura 22.** Formato de conteo vehicular.(Ministerio de transporte y comunicaciones,2014).

**Procesamiento de la información.**

Después de realizar el conteo de vehículos se realizó el procesamiento de la información, teniendo como base lo que indica el “Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos –para lograr la obtención de la cantidad de ejes equivalentes para así poder diseñar el pavimento adoquinado propuesto.

**Conteo de vehículos**

En la siguiente figura se muestra la cantidad y tipo de vehículos que transitaron en la zona de estudio.

VEHÍCULOS		IMAGEN GRÁFIC	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
AUTO			684	572	540	487	493	214	47
STATION WAGON			473	440	426	435	389	198	58
CAMIONETAS	PICK UP		127	135	145	155	104	94	58
	PANEL		112	104	97	84	85	87	54
	RURAL Combi		223	202	241	192	208	120	52
MICRO			174	125	136	123	128	62	45
BUS	2E		28	12	14	18	23	9	4
	>= 3 E		10	8	7	7	9	5	4
CAMIÓN	2E		499	484	463	442	479	352	158
	3E		311	397	463	378	382	248	135
	4E		185	154	138	149	126	104	95
SEMYTRAYLER	2S1/2S2		58	47	52	42	48	35	18
	2S3		61	57	51	49	59	34	29
	3S1/3S2		140	125	138	127	95	86	37
	>= 3S3		301	241	187	275	113	262	185
TRAYLER	2T2		12	7	5	9	4	2	0
	2T3		21	16	18	13	20	8	4
	3T2		20	17	16	12	16	9	5
	>= 3T3		10	14	17	19	13	8	5

**Figura 23.** Conteo vehicular .(Elaboración propia).

### Índice medio diario anual (IMDA)

El IDMA es el resultado de la clasificación vehicular y estudios volumétricos realizados por una semana y de un factor de corrección que se considera por el tráfico de pasajeros y cargas.

Para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$IMDA = IMDS \times FC$$

Donde:

IMDS: Es el índice medio diario semanal o el total de la sumatoria promedio diario de vehículos.

FC: Es el factor de corrección estacional.

Realizando la sumatoria de todos los promedios diarios del conteo de vehículos, se obtuvo como IMDS 2021: 2782.0 vehículos.

El factor de corrección se obtuvo de acuerdo al siguiente cuadro obtenido de la ficha técnica estándar para carreteras interurbanas- sector transporte, el cual se determinó con la selección del peaje más cercano a la vía de estudio, el cual es el peaje de Chilca y de acuerdo al mes que se realizó el conteo vehicular:

**Tabla 22.**

*Factor de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje.*

N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	<b>Casaracra</b>	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991
2	<b>Catac</b>	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405
3	<b>Ccasacancha</b>	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611
4	<b>Chacapampa</b>	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653
5	<b>Chalhuapuquio</b>	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487
6	<b>Chicama</b>	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347
7	<b>Chilca</b>	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624
8	<b>Chullqui</b>	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163

Fuente: Ficha técnica estándar para carreteras interurbanas- sector transporte,2017.

**Tabla 23.**

*Factor de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje.*

N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	<b>Casaracra</b>	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769
2	<b>Catac</b>	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756
3	<b>Ccasacancha</b>	1.0985	1.0820	1.0974	1.0774
4	<b>Chacapampa</b>	1.1253	0.9872	0.9856	1.0061
5	<b>Chalhuapuquio</b>	1.0741	1.0868	1.0814	1.0640
6	<b>Chicama</b>	0.9742	0.9585	1.0327	1.0799
7	<b>Chilca</b>	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429
8	<b>Chullqui</b>	0.9571	0.9658	1.0534	1.0776

Fuente: Ficha técnica estándar para carreteras interurbanas- sector transporte,2017.

De acuerdo a las figuras mostradas y analizadas se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 24.**

*Factor de corrección de vehículos ligeros y pesados*

<b>Factor de corrección</b>	<b>Valor</b>
Vehículos ligeros	1.0624
Vehículos Pesados	1.0429

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura se muestra el desarrollo del cálculo considerando los resultados obtenidos para la obtención del IMDA:

VEHÍCULOS	IMAGEN GRÁFICA	IMDs	FC	IMDa	IMDa 2021	
AUTO		433.9	1.062	460.91	461.00	
STATION WAGON		345.6	1.062	367.12	367.00	
CAMIONETAS	PICK UP		116.9	1.062	124.14	124.00
	PANEL		89.0	1.062	94.55	95.00
	RURAL Combi		176.9	1.062	187.89	188.00
MICRO		113.3	1.062	120.35	120.00	
BUS	2E		15.4	1.043	16.09	16.00
	>=3 E		7.1	1.043	7.45	7.00
CAMIÓN	2E		411.0	1.043	428.62	429.00
	3E		330.6	1.043	344.74	345.00
	4E		135.9	1.043	141.68	142.00
SEMYTRAYLER	2S1/2S2		42.9	1.043	44.69	45.00
	2S3		48.6	1.043	50.65	51.00
	3S1/3S2		106.9	1.043	111.44	111.00
	>= 3S3		223.4	1.043	233.00	233.00
TRAYLER	2T2		5.6	1.043	5.81	6.00
	2T3		14.3	1.043	14.90	15.00
	3T2		13.6	1.043	14.15	14.00
	>=3T3		12.3	1.043	12.81	13.00

**Figura 24.** Cálculo del IMDA. ( Elaboración propia)

### **Cálculo de Población futura y tasa de crecimiento.**

Todo proyecto se diseña para cumplir y brindar mejor serviciabilidad a los usuarios, vehículos y peatones por muchos años, es por ello que el cálculo de la población futura influye mucho en el diseño de este pavimento en estudio. Se realizó el cálculo de acuerdo a lo recomendado por el Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos.

**Tabla 25.**

*Factor de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje*

<b>Lugar</b>	<b>Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros (TC)</b>	<b>Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados (PBI)</b>
Callao	1.56%	3.41%
Huancavelica	0.83%	2.33%
Huánuco	0.91%	3.85%
Ica	1.15%	3.54%
Junín	0.77%	3.90%
La Libertad	1.26%	2.83%
Lambayeque	0.97%	3.45%
Lima Provincia	1.45%	3.07%
Lima	1.45%	3.69%

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.

Como el proyecto se encuentra en la región Lima, se determinó la tasa de crecimiento para vehículos ligeros: 1.45%, y para vehículos pesados: 3.69%.

Se usó la fórmula para la proyección futura siguiente:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{n-1}$$

Donde:

Tn = Tránsito proyectado al año “n”.

T0= Tránsito actual.

n = Años de periodo de diseño.

r = Tasa anual de crecimiento.

Aplicando la fórmula establecida en el Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, contando con la cantidad de 4 años del periodo de diseño y la intervención de las tasas de crecimiento ya mencionadas, se determinó la población futura la cual se muestra a continuación:




















VEHÍCULOS	IMAGEN GRÁFICA	IMDs	FC	IMDa	IMDa 2021	IMDa 2025	
AUTO		433.9	1.062	460.91	<b>461.00</b>	481.345681	
STATION WAGON		345.6	1.062	367.12	<b>367.00</b>	383.197104	
CAMIONETAS	PICK UP		116.9	1.062	124.14	<b>124.00</b>	129.472591
	PANEL		89.0	1.062	94.55	<b>95.00</b>	99.1927109
	RURAL Combi		176.9	1.062	187.89	<b>188.00</b>	196.297154
MICRO		113.3	1.062	120.35	<b>120.00</b>	125.296056	
BUS	2E		15.4	1.043	16.09	<b>16.00</b>	17.8373612
	>=3 E		7.1	1.043	7.45	<b>7.00</b>	7.80384551
CAMIÓN	2E		411.0	1.043	428.62	<b>429.00</b>	478.264246
	3E		330.6	1.043	344.74	<b>345.00</b>	384.6181
	4E		135.9	1.043	141.68	<b>142.00</b>	158.30658
SEMYTRAYLER	2S1/2S2		42.9	1.043	44.69	<b>45.00</b>	50.1675783
	2S3		48.6	1.043	50.65	<b>51.00</b>	56.8565887
	3S1/3S2		106.9	1.043	111.44	<b>111.00</b>	123.746693
	>= 3S3		223.4	1.043	233.00	<b>233.00</b>	259.756572
TRAYLER	2T2		5.6	1.043	5.81	<b>6.00</b>	6.68901044
	2T3		14.3	1.043	14.90	<b>15.00</b>	16.7225261
	3T2		13.6	1.043	14.15	<b>14.00</b>	15.607891
	>=3T3		12.3	1.043	12.81	<b>13.00</b>	14.492856

Figura 25. Cálculo de IMDA 2025. ( Elaboración propia)



### Factor de crecimiento acumulado, de distribución direccional y de carril.

Luego de obtener la tasa de crecimiento y población futura, es indispensable contar con el factor de crecimiento acumulado el cual está dada por la siguiente ecuación:

$$Fca: \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento, la cual se consideró la de los vehículos pesados: 3.69%

n = Periodo de diseño, el cual para esta investigación se consideró 20 años basándonos en los requisitos de la guía ASSHTO 93.

Aplicando dicha fórmula se obtuvo un factor de crecimiento acumulado (fca) de 28.84.

Por otro lado, para determinar el factor de distribución direccional y de carril se usó la siguiente tabla:

**Tabla 26.**  
*Factores de distribución direccional y de carril.*

Numero de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional (Fd)	Factor carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc
2 calzadas con separador central	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.5
(para IMDa total de las dos calzadas	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.



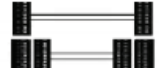



**Interpretación:**

La avenida industrial en estudio presenta 2 calzadas con separador central, con dos sentidos y un carril por sentido y, según los datos brindados en Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos (2014), se determinó que el factor de distribución direccional y de carril ponderado es de: 0.50.

**Configuración de ejes y relación de cargas.**

Cada tipo de vehículo posee distintos configuración de ejes, y es importante analizarlos pues con ello influye en el diseño de la estructura del pavimento.

En la figura siguiente se muestra la configuración de ejes según el Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos.

Configuración de Ejes			
Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

**Nota:**  
RS : Rueda Simple  
RD: Rueda Doble

**Figura 26.**Configuración de ejes.( Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Sección: Suelos y Pavimentos,2014)

Por otro lado, es importante contar con las relaciones de cargas de ejes equivalentes que resultaron de unas correlaciones de la guía ASSHTO 93, para este caso, al tratarse de un pavimento semiflexible o semirrígido, se utilizó la siguiente relación de carga:

**Tabla 27.**  
*Relación de carga por eje.*

<b>Tipo de Eje</b>	<b>Eje equivalente (EE8.2 tn)</b>
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$








P = peso real por eje en toneladas

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014

Para determinar el peso real por eje en toneladas mencionada en la figura anterior, se requirió la información del anexo 4 del reglamento nacional de vehículos el cual contiene toda la información de pesos y medidas por cada tipo de vehículo, dichos datos ayudaron a completar las ecuaciones y fórmulas para la obtención del Esal.

**ANEXO IV : PESOS Y MEDIDAS**

**1. PESOS Y MEDIDAS MÁXIMAS PERMITIDAS**

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. ( m )	Peso máximo ( t )				Peso bruto máx. ( t )	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º		4º
C2		12,30	7	11	---	---	---	18
C3		13,20	7	18	---	---	---	25
C4		13,20	7	23 <sup>(1)</sup>	---	---	---	30
8x4		13,20	7+7 <sup>(5)</sup>	18	---	---	---	32
T2S1		20,50	7	11	11	---	---	29
T2S2		20,50	7	11	18	---	---	36
T2Se2		20,50	7	11	11	11	---	40

**Figura 27.**Tabla de pesos y medidas. ( Reglamento nacional de vehículos)

### **Cálculo de sumatoria del IMDa proyectado.**

Con los datos y resultados obtenidos, se procedió a realizar el cálculo del sumatorio índice medio diario anual para el año en puesta en servicio, es decir, para el 2025, aplicando los resultados obtenidos de los factores de equivalencia de cargas por cada tipo de vehículo considerando el tipo de eje y su peso real en toneladas.

Este resultado se obtiene multiplicando el factor de equivalencia de carga de cada tipo de vehículo por el IMDa 2025 de cada tipo de vehículo.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos considerando y aplicando todo lo mencionado y hallado anteriormente:

VEHÍCULOS		IMDA	TIPO	NUMERO	CARGADE VEHÍCUL	Fcetor de equivalencia de carga	"FACTOR" IMDA
		2025	EJE	LLANTAS	EJE Tn	FLEXIBLE	FLEXIBLE
AUTO		481.35	SIMPLE	2	1	0.000527	0.253677
			SIMPLE	2	1	0.000527	0.253677
STATION WAGON		383.20	SIMPLE	2	1	0.000527	0.201951
			SIMPLE	2	1	0.000527	0.201951
CAMIONETAS	PICK UP	129.47	SIMPLE	2	1	0.000527	0.068234
			SIMPLE	2	1	0.000527	0.068234
	PANEL	99.19	SIMPLE	2	1	0.000527	0.052276
			SIMPLE	2	1	0.000527	0.052276
	RURAL Combi	196.30	SIMPLE	2	1	0.000527	0.103452
			SIMPLE	2	1	0.000527	0.103452
MICRO		125.30	SIMPLE	2	1	0.000527	0.066033
			SIMPLE	2	1	0.000527	0.066033
BUS	2E	17.84	SIMPLE	2	7	1.265367	22.570804
			SIMPLE	4	11	3.238287	57.762494
	>=3 E	7.80	SIMPLE	2	7	1.265367	9.874727
			TANDEM	6	16	1.365945	10.659620
CAMIÓN	2E	478.26	SIMPLE	2	7	1.265367	605.179675
			SIMPLE	4	11	3.238287	1548.756873
	3E	384.62	SIMPLE	2	7	1.265367	486.682955
			TANDEM	8	18	2.019213	776.626043
	4E	158.31	SIMPLE	2	7	1.265367	200.315883
			TRIDEM	10	23	1.508184	238.755388
SEMYTRAYLER	2S1/2S2	50.17	SIMPLE	2	7	1.265367	63.480385
			SIMPLE	4	11	3.238287	162.457015
			TANDEM	4	11	3.238287	162.457015
	2S3	56.86	SIMPLE	2	7	1.265367	71.944437
			SIMPLE	4	11	3.238287	184.117950
			TRIDEM	12	25	1.706026	96.998833
	3S1/3S2	123.75	SIMPLE	2	7	1.265367	156.584951
			TANDEM	8	18	2.019213	249.870988
			TANDEM	8	18	2.019213	249.870988
	>= 3S3	259.76	SIMPLE	2	7	1.265367	328.687329
			TANDEM	8	18	2.019213	524.503965
			TRIDEM	12	25	1.706026	443.151530
TRAYLER	2T2	6.69	SIMPLE	2	7	1.265367	8.464051
			SIMPLE	4	11	3.238287	21.660935
			SIMPLE	4	11	3.238287	21.660935
			SIMPLE	4	11	3.238287	21.660935
	2T3	16.72	SIMPLE	2	7	1.265367	21.160128
			SIMPLE	4	11	3.238287	54.152338
			SIMPLE	4	11	3.238287	54.152338
			TANDEM	8	18	2.019213	33.766350
	3T2	15.61	SIMPLE	2	7	1.265367	19.749453
			TANDEM	8	18	2.019213	31.515260
			SIMPLE	4	11	3.238287	50.542182
			SIMPLE	4	11	3.238287	50.542182
	>=3T3	14.49	SIMPLE	2	7	1.265367	18.338778
			TANDEM	8	18	2.019213	29.264170
			SIMPLE	4	11	3.238287	46.932026
			TANDEM	8	18	2.019213	29.264170
Sumatoria							7165.627327

Figura 28. Calculo de sumatoria del IMDA ( Elaboración propia)

### **Cálculo de ejes equivalentes.**

Según el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos (2014), menciona que los ejes equivalentes representan un factor destructivo de varias cargas por tipo de eje sobre el pavimento.

Para el cálculo del ESAL se utilizó la siguiente fórmula:

$$\#EE = 365 * (\Sigma f.IMDa) * Fd * Fc * Fca$$

Donde:

$$\Sigma f.IMDa = \text{Sumatoria del IMDa corregido} = 7165.62$$

365= Es la cantidad de días de en un año.

$$Fd * Fc = \text{Factor ponderado de dsitribucion y carril de diseño} = 0.5$$

$$Fca = \text{Factor de crecimiento acumulado} = 28.84$$

Aplicando y desarrollando la fórmula, se obtuvo un ESAL de diseño de:

$$\mathbf{37,712,582.01}$$

### **Determinación del tipo de tráfico.**

Una vez obtenido la cantidad de ejes equivalentes, se procedió a seleccionar el tipo de tráfico según el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 28.***Tipo de tráfico expresado en ejes equivalentes.*

<b>Tipos Tráfico Pesado expresado en EE</b>	<b>Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE</b>
Tp0	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
Tp1	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
Tp2	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
Tp3	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
Tp4	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
Tp5	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
Tp6	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 E
Tp7	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
Tp8	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
Tp9	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
Tp10	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
Tp11	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
Tp12	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
Tp13	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
Tp14	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
Tp15	> 30'000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos,2014.

Según la tabla anterior y comparándolo con el ESAL obtenido, el tipo de tráfico expresados en ejes equivalentes en mi proyecto de investigación es Tp15.

## El clima

Otro factor importante a considerar para el diseño de un pavimento, es el factor del medio ambiente, que según la metodología AASHTO, se debe contar con los datos de temperatura y precipitaciones de lluvias.

### Temperatura

Según los estudios reportados y realizados por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) en el año 2020, el clima de Lima es templado y árido con poca humedad en todas las estaciones del año.

En épocas de verano, que dura tres meses, la temperatura máxima promedio diaria es más de 25°C. alcanzando en febrero una temperatura máxima de 27°C. y una temperatura mínima promedio de 20°C.

En épocas de invierno, la temperatura máxima promedio diaria es menos de 21°C, alcanzando en el mes de agosto una temperatura mínima promedio de 15°C y máxima de 19°C.

Pero según el portal Clima data .org, la temperatura promedio diaria anual en lima es de 18.9°C.

### Precipitaciones.

Los escasos de lluvia en Lima son notorios a comparación de las demás provincias, según el reporte del portal Clima data. Org, Lima alcanza una precipitación máxima de 27 mm en el mes de enero, y una mínima de 9 mm en los meses de mayo y noviembre.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	21.2	22.1	22	20.5	18.6	17.3	16.6	16.5	16.8	17.4	18.3	19.7
Temperatura min. (°C)	18.9	20	19.8	18.3	16.4	15	14.3	14.1	14.4	15	15.8	17.4
Temperatura máx. (°C)	24.4	25.1	25.1	23.7	21.7	20.2	19.6	19.6	20	20.7	21.6	23
Precipitación (mm)	27	40	34	12	9	12	14	12	11	10	9	13
Humedad(%)	83%	83%	83%	83%	81%	80%	78%	77%	77%	78%	79%	81%

**Figura 29.** Datos meteorológicos de lima. (Portal Clima data Org.)



## **Diseño de la estructura del pavimento adoquinado.**

A lo largo de los años se han ido observando y desarrollando varios métodos para el diseño en ingeniería de pavimentos, algunos basándose en informaciones simples y otras con ensayos muy sofisticados, todos con el mismo fin de determinar el espesor de los componentes de la estructura de un pavimento.

Para esta tesis, se empleó el Método AASHTO 93, puesto que el pavimento con adoquines de concreto es considerado un pavimento semiflexible y posee similares características y comportamiento a la de un pavimento flexible.

### **Ecuación de diseño**

La ecuación de diseño planteada por la metodología AASHTO 93 es la siguiente:

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

A partir de la ecuación de diseño mostrada anteriormente, se empezó a desarrollarla siguiendo las consideraciones del Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.

### **W18 o ESAL**

Es el número de ejes equivalentes a 80 kn para el periodo de diseño, el ESAL obtenido en esta tesis fue de: **37,712,582.01** de ejes equivalentes.

### **Módulo de resiliencia (MR)**

Es una medida de tensión del suelo de subrasante, y para el cálculo se empleó lo propuesto por MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide):

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

Para ello se obtuvo como resultado de laboratorio un CBR al 95% de la MDS de = 31%, y aplicando la fórmula  $Mr (psi) = 2555 \times 31^{0.64}$ , se obtuvo un Módulo de resiliencia de : **23,007.1269**.

## Confiabilidad (%R)

Para asegurar que el comportamiento estructural del pavimento sea o esté dentro de los parámetros esperados o previstos durante todo el periodo de diseño, se emplea este valor de la confiabilidad, asimismo cabe mencionar que esta probabilidad de comportamiento estructural del pavimento va de la mano con los factores como climas no previstos, aumento de ejes equivalentes, etc., todo ello podría disminuir la vida útil del pavimento.

A continuación, se detalla los valores recomendados de confiabilidad para el desarrollo en una sola etapa del proyecto :

**Tabla 29.**

*Valores de confiabilidad para una sola etapa de diseño según tipo de tráfico*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad(R)
	Tp5	1,000,001	1,500,000	85%
	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%
	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%
	Tp9	7,500,001	10'000,000	90%
	Tp10	10'000,001	12'500,000	90%
	Tp11	12'500,001	15'000,000	90%
Restos de caminos	Tp12	15'000,001	20'000,000	95%
	Tp13	20'000,001	25'000,000	95%
	Tp14	25'000,001	30'000,000	95%
	Tp15	>30'000,000		95%

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.

Basándonos en los resultados obtenidos de ejes equivalentes acumulados y relacionándolo con el tipo de tráfico, el nivel de confiabilidad para este proyecto de del 95%, es decir existe una muy buena probabilidad que el comportamiento de la estructura del pavimento sea confiable.

### Desviación Estándar Normal (Zr)

Se utilizó el coeficiente estadístico de desviación estándar, según la tabla que a continuación se muestra:

**Tabla 30.**

*Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal.*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación estandar normal (ZR)
Restos de caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	Tp6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	Tp7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	Tp8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	Tp9	7,500,001	10'000,000	-1.282
	Tp10	10'000,001	12'500,000	-1.282
	Tp11	12'500,001	15'000,000	-1.282
	Tp12	15'000,001	20'000,000	-1.645
	Tp13	20'000,001	25'000,000	-1.645
	Tp14	25'000,001	30'000,000	-1.645
	Tp15	>30'000,000		-1.645

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.

De acuerdo a la figura anterior, el tipo de tráfico con relación al ESAL obtenido se determinó que el coeficiente de desviación estándar normal (Zr) es : -1.645.

### Desviación estándar combinado( So)

Para tener la certeza y estar prevenidos ante cualquier eventualidad que pueda ocurrir en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo del periodo de diseño y tiempo de útil, la guía ASSHTO recomienda usar valores de desviación estándar entre 0.40 y 0.50 en pavimentos flexibles, en mi tesis se usó el intervalo medio de los dos valores, es decir = 0.45.

## Índice de serviciabilidad (PSI)

El servicio de tránsito que se ofrece para la avenida Industrial es un servicio confortable y cómodo, su valor varía, según la guía ASSHTO entre 5 y 0. Las condiciones de serviciabilidad y comodidad para los usuarios se analiza, según el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos (2014), se dividen en:

Serviciabilidad inicial(  $P_i$ ), la cual establece valores para la vía recién construida.

**Tabla 31.**  
*Índice de serviciabilidad inicial.*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Índice de serviciabilidad inicial ( $P_i$ )
	Tp5	1,000,001	1,500,000	4.00
	Tp6	1,500,001	3,000,000	4.00
	Tp7	3,000,001	5,000,000	4.00
	Tp8	5,000,001	7,500,000	4.00
	Tp9	7,500,001	10'000,000	4.00
Restos de caminos	Tp10	10'000,001	12'500,000	4.00
	Tp11	12'500,001	15'000,000	4.00
	Tp12	15'000,001	20'000,000	4.20
	Tp13	20'000,001	25'000,000	4.20
	Tp14	25'000,001	30'000,000	4.20
		Tp15	>30'000,000	

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.

El valor del índice de serviciabilidad inicial, según la figura mostrado que desta en realcion al tipo de tráfico y el numero de ejes equivalentes es de : 4.20

Serviciabilidad Final (  $P_t$ ), la cual establece para una vía en condición de reconstrucción o rehabilitación.

**Tabla 32.**  
*Índice de serviciabilidad final.*

<b>Tipo de caminos</b>	<b>Tráfico</b>	<b>Ejes equivalentes acumulados</b>		<b>Índice de serviciabilidad final (Pt)</b>
	Tp5	1,000,001	1,500,000	2.50
	Tp6	1,500,001	3,000,000	2.50
	Tp7	3,000,001	5,000,000	2.50
	Tp8	5,000,001	7,500,000	2.50
	Tp9	7,500,001	10'000,000	2.50
Restos de caminos	Tp10	10'000,001	12'500,000	2.50
	Tp11	12'500,001	15'000,000	2.50
	Tp12	15'000,001	20'000,000	3.00
	Tp13	20'000,001	25'000,000	3.00
	Tp14	25'000,001	30'000,000	3.00
	Tp15	>30'000,000		3.00

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.

**Interpretación:**

El valor del índice de serviciabilidad final, según la figura mostrada que está en relación al tipo de tráfico y el número de ejes equivalentes, es de 3.00.

Variación de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI), la cual la diferencia entre al serviciabilidad inicial y final, dichos valores se muestra a continuación:

**Tabla 33.**  
*Diferencia de serviciabilidad.*

<b>Tipo de caminos</b>	<b>Tráfico</b>	<b>Ejes equivalentes acumulados</b>		<b>Diferencia de serviciabilidad (<math>\Delta PSI</math>)</b>
	Tp5	1,000,001	1,500,000	1.50
	Tp6	1,500,001	3,000,000	1.50
	Tp7	3,000,001	5,000,000	1.50
	Tp8	5,000,001	7,500,000	1.50
	Tp9	7,500,001	10'000,000	1.50
<b>Restos de caminos</b>	Tp10	10'000,001	12'500,000	1.50
	Tp11	12'500,001	15'000,000	1.50
	Tp12	15'000,001	20'000,000	1.20
	Tp13	20'000,001	25'000,000	1.20
	Tp14	25'000,001	30'000,000	1.20
	Tp15	>30'000,000		1.20

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.

**Interpretación:**

El valor de la variación de la serviciabilidad, según la figura mostrada que está en relación al tipo de tráfico y el número de ejes equivalentes es de 1.20.

**Características de los materiales:**

El pavimento adoquinado esta constituido por una carpeta de rodadura (la cual esta constituida por el adoquín y cama de arena) base y subbase, y cada una de ellas, según la guia AASHTO 93 presenta un módulo de resiliencia en unidades de psi, la cual se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 34.**  
*Características de los materiales*

<b>Caraterísticas de los materiales</b>	<b>Valor(PSI)</b>	<b>Normativa</b>
Modulo de Resiliencia del Adoquín.	400,000.00 psi	
Modulo de Resiliencia del Concreto Asfáltico.	450,000.00 psi	(AASHTO: II-17, II-18)
Modulo de Resiliencia de la Base Granular.	30,000.00 psi	(AASHTO: II-20, H-5)
Modulo de Resiliencia de la Sub Base Granular.	15,000.00 psi	(AASHTO: II-20, H-5)

Fuente: Elaboración propia

### **Número estructural requerido (SNR)**

Para determinar el espesor total del pavimento en estudio y luego dividirlos para obtener el valor de subbase, base y carpeta de rodadura, fue indispensable emplear los coeficientes de estructuración, los cuales se obtuvieron empleando la siguiente fórmula según AASHTO 93:

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

Donde:

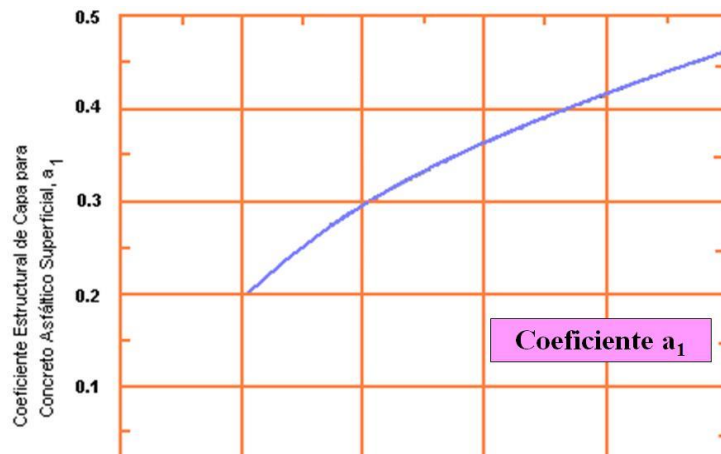
**a1, a2 y a3:** son los coeficientes estructurales de la carpeta de rodadura, base y subbase respectivamente.

**d1, d2 y d3:** son los espesores en centímetros de la carpeta de rodadura, base y subbase respectivamente.

**m1 y m2:** Son los coeficientes de drenaje de la carpeta de rodadura, base y subbase respectivamente.

Para poder determinar los coeficientes estructurales del adoquín de concreto se usó las gráficas recomendadas por la guía AASHTO 93 las cuales se muestran a continuación:

Coefficiente a1: carpeta de rodadura



**Figura 30.** Coeficiente a1 (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993)

Módulo Elástico de Concreto Asfáltico a 68°C, E<sub>AC</sub> (PSI)

En la figura se puede apreciar que AASHTO recomienda usar como máximo un valor de 0.44 para el coeficiente a1.

### **Coeficiente a2: base granular.**

Para determinar el coeficiente de la base granular se procedió a utilizar la siguiente ecuación dada por la guía AASHTO 93:

$$a2 = 0.249 \cdot \log Mr \text{ base} - 0.977$$

Remplazando el Mr (30,000 psi) de la base granular detallado en la tabla N° 18: características de los materiales, se obtuvo como coeficiente a2: **0.14**. También se constató dicho valor con el nomograma que está en la parte de anexos N°1, considerando el mismo valor del módulo de resiliencia de la base granular.

### **Coeficiente a 3: Subbase.**

Para determinar el coeficiente de la subbase granular se procedió a utilizar la siguiente ecuación dada por la guía AASHTO 93:

$$a3 = 0.227 \cdot \log Mr \text{ subbase} - 0.839:$$

Remplazando el Mr (15,000 psi) de la subbase detallado en la tabla N° 18: características de los materiales, se obtuvo como coeficiente a3: **0.11**.



### **Coeficiente de drenaje.**

Para determinar el número estructural requerido también influye mucho el coeficiente de drenaje, el cual significa o determina el tiempo que está expuesto a niveles de humedad y cerca a la saturación, para esta o investigación se consideró un porcentaje de tiempo mayor a un 25%, por las precipitaciones a lo largo del año discontinuas.

Para determinar el tiempo en que al agua demora en ser evacuada en la avenida Industrial se usó la siguiente tabla:

**Tabla 35.**  
*Calidad del drenaje.*

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

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.

### **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos, el tiempo en que tarda el agua en ser evacuada es de 1 día, por lo tanto, la calidad de drenaje es bueno.

Para determinar los coeficientes  $m_1$  y  $m_2$  se usó los datos de la siguiente tabla:

**Tabla 36.***Valores recomendados del coeficiente de drenaje  $m_1$* 

Calidad del drenaje	<b>P = % Del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación.</b>			
	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: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014.

**Interpretación:**

Teniendo en cuenta que en esta investigación se consideró el 25% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación, se determinó un coeficiente de drenaje de 1.

**Cálculo del número estructural del pavimento:**

Luego de realizar todos los cálculos necesarios se procedió a realizar la ecuación de AASHTO para así determinar el número estructural requerido, remplazando todos los valores obtenidos y resumidos en la siguiente tabla:

**Tabla 37.**  
*Datos de tráfico y propiedades de la subrasante.*

<b>Datos</b>	<b>Valores</b>
Periodo de diseño en años ( t ):	20
Tasa de crecimiento anual (g%):	3.69
Tráfico (W18)	37,712,582.01
Confiabilidad (%R)	95
Desviación estándar normal (ZR ):	-1.645
Desviación estándar normal combinado ( So ):	0.45
Índice de serviciabilidad inicial ( pi ):	4.20
Índice de serviciabilidad final ( pt ):	3.00
Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ ):	1.20
C.B.R. de la Sub Rasante (%):	31
Módulo de Resiliencia ( $MR = 2555 \times CBR^{0.64}$ )	23,007.1269

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se reemplazó los valores mostrados en la tabla anterior a la fórmula de ASSHTO 93, con la finalidad que el número estructural nominal sea similar al número estructural calculado.

Se reemplazó el Esal en  $\log_{10}(w_{18})$  obteniendo como resultado:

7.576

Se reemplazó todos los valores en:

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

Se realizó 3 iteraciones asumiendo los siguientes valores:

**Tabla 38.**  
*Iteraciones para determinar el SN.*

Iteraciones	Valor asumido para-SN	Valor SN nominal	Valor SN calculado
1	4.6	7.576	7.464
2	4.72	7.576	7.532
3	4.799	7.576	7.576

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

Con las tres iteraciones realizadas, el valor asumido de SN que establece similitud con el SN nominal es **4.799**.

También se constató dicho resultado empleando el famoso nomograma Ábaco de AASHTO, el cual solo con algunos valores de la tabla N°19, se interceptan con una línea hasta llegar a un valor cercano del calculado.

A continuación, se muestra lo mencionado:

Imagen 14 – Nomograma para el cálculo del número estructural (SN) en pavimentos flexibles

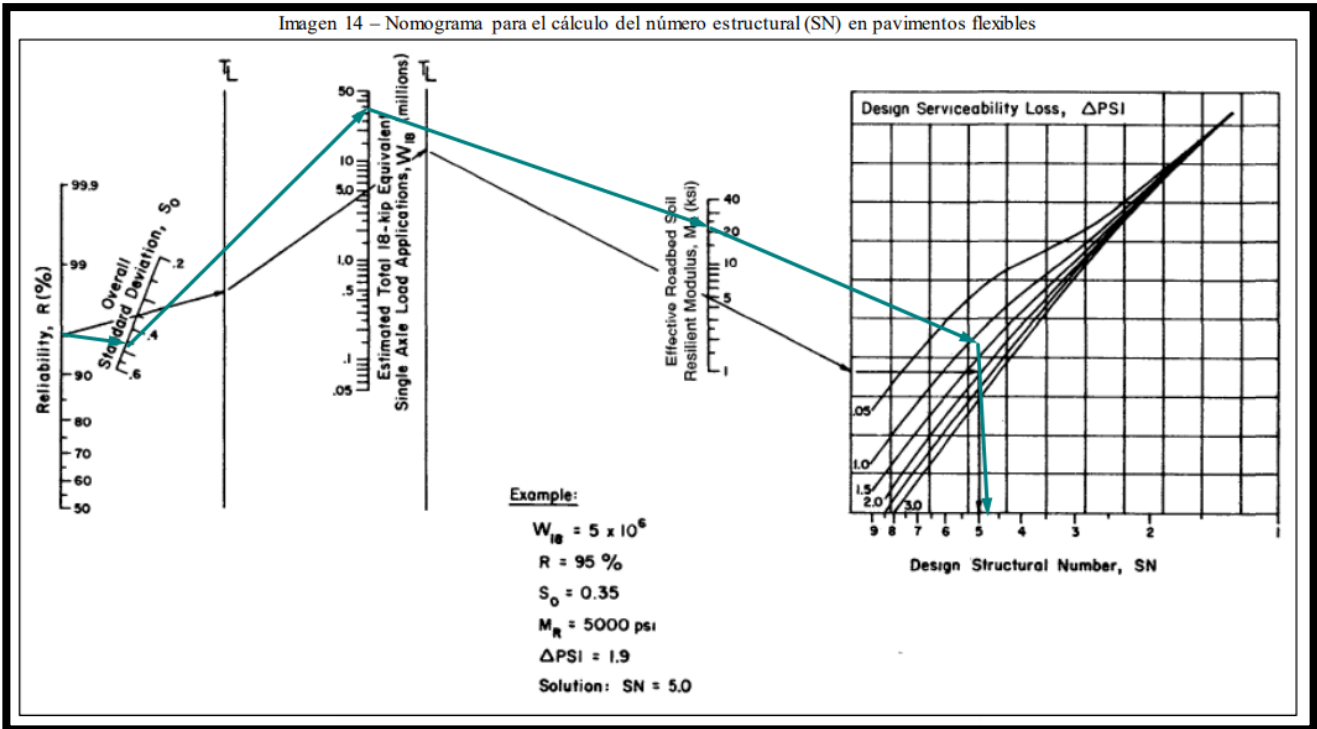


Figura 31. Cálculo de SN con el nomograma Ábaco de AASHTO (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993)

### Cálculo de espesores:

Finalmente, para calcular los espesores de cada capa se utilizó la fórmula recomendada por la guía AASHTO 93( página II-36) siguiente:

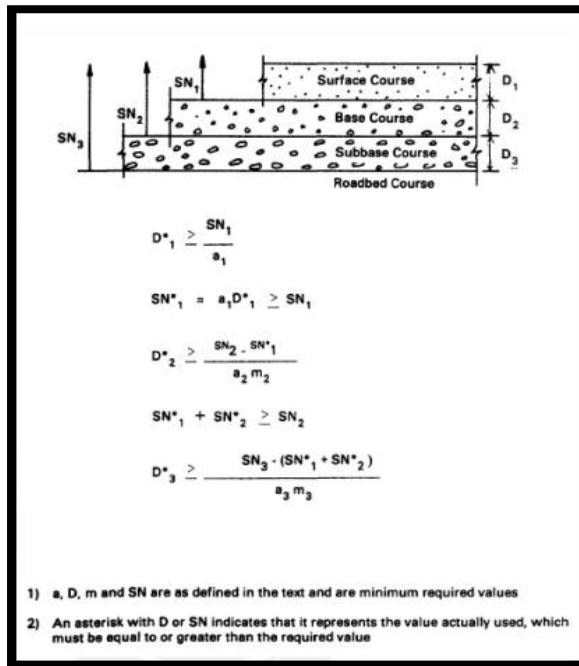


Figura 32. Cálculo de espesores (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993)

Teniendo los valores del coeficiente estructurales de las capas de la carpeta de rodadura (a1: 0.44) base (a2: 0.14) y sub base (a3: 0.11) y los coeficientes de drenaje m1, m2 y m3:1, se procedió a a resolver y remplazar valores en la fórmula dada por AASHTO y convertida por el Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección suelos y pavimentos, 2014,pg 161, la cual es:

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

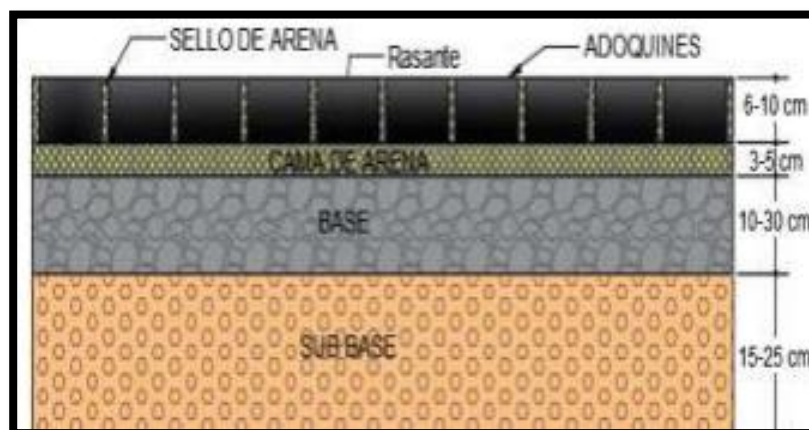
Donde el número estructural requerido (SN) es de 4.799 y debe ser menor al número estructural resultado remplazando los valores encontrados de a1, a2, a3, m1, m2 y m3.

Para lograr dicho objetivo, se procedió a realizar tanteos o dar valores a d1, d2 y d3, considerando los valores mínimos de espesores definidos por las fuentes dadas a continuación:

**Tabla 39.**  
*Clasificación de espesor de adoquines.*

Tipo	Uso	Espesores
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal	40 – 60 mm
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero	60 – 80 mm
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores.	100 - ≥ 80 mm

Fuente: (Norma técnica peruana 399.611)



**Figura 33.** Espesores mínimos de adoquín (Aysabucha,2020)

Se procedió realizando tanteos dando valores a d1, d2 y d3, entre los rangos de cada capa mostrados en la figura anterior y también que cumpla la condición que el número estructural requerido (SN) es de 4.799 y debe ser menor al número estructural resultado.

**Tabla 40.**  
*Valores asumidos de espesores.*

Descripción	Capas	Valores asumidos	Valores en pulgadas
	Espesor de adoquín	8 cm	5.12
d1 (capa de rodadura)	Cama de arena	5 cm	pulgadas
d2 (capa de base)	Base	25 cm	9.84 pulgadas

Fuente: Elaboración propia.

Remplazando los siguientes valores de la tabla N° 40 convertidos en pulgadas en la fórmula anterior, se encontró que el valor de d3 (espesor de capa subbase) es de 28 cm,

$$4.799 = 0.44 \times 5.12 + 0.14 \times 9.84 \times 1 + 0.11 \times d3 \times 1$$

$$d3 = 10.93 \text{ pulg} = 27.8 \text{ cm}$$

pero para considerar una de las alternativas de espesores recomendados por la ASSHTO 93, se decidió utilizar 30 cm = 11.811 pulgadas.

Se asumió el valor de d3= 11.811 pulgadas y se remplazó en la fórmula:

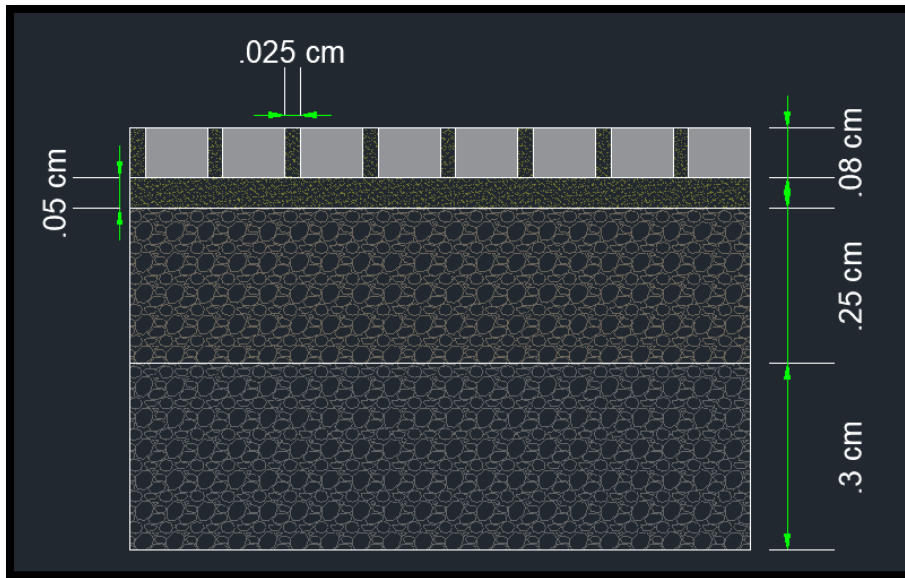
$$4.799 = 0.44 \times 5.12 + 0.14 \times 9.84 \times 1 + 0.11 \times 11.811 \times 1$$

$$4.799 = 4.930$$

**Sí Cumple**

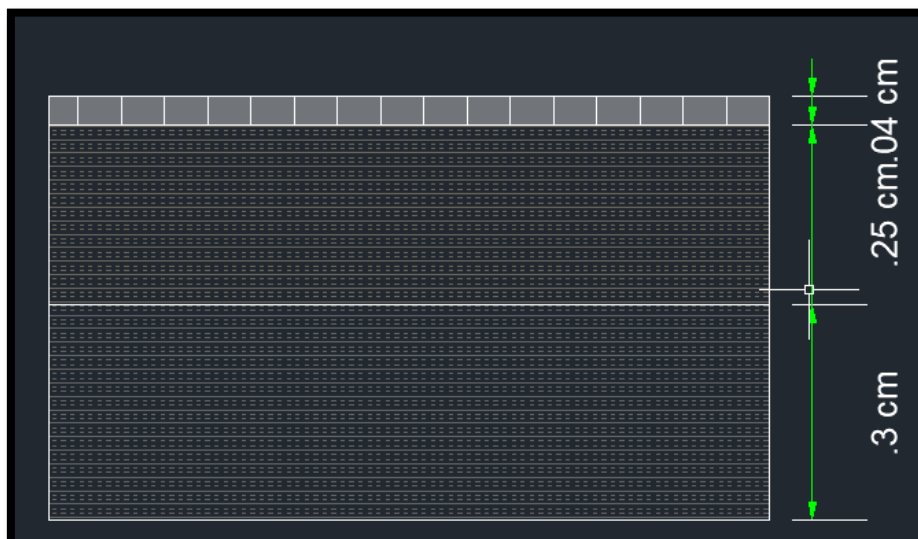
Los valores encontrados se sostuvo que los espesores dados si cumplen con la condición que el número estructural requerido debe ser menor al número estructural resultado.

De esa manera el diseño estructural de las capas del pavimento adoquinado son:



**Figura 34.** Paquete estructural del pavimento adoquinado (Elaboración propia)

y empleando la geocelda diamond grid de 4 cm relleno con concreto como capa de rodadura en el paquete estructural del pavimento adoquinado:



**Figura 35.** Paquete estructural del pavimento adoquinado(Elaboración propia)



### **Interpretación:**

Tal como se muestra en las dos figuras anteriores, existe una diferencia de 9 cm en el espesor de la capa de rodadura, convirtiéndola en un pavimento con carpeta de rodadura de espesor reducido.

En la sección de anexos se muestra a detalle la estructura del pavimento adoquinado y del pavimento con geocelda diamond grid rellena con concreto junto con el perfil longitudinal, cortes transversales y de sección de la avenida Industrial; además un plano de planta con el antes y después de la incorporación de la geocelda Diamond Grid como capa de rodadura del pavimento.

### **Diseño de mezclas de los especímenes de estudio.**

Continuando con los detalles de resultados y dando relación con el “OE3” que es determinar y comparar la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto con el adoquín de concreto prefabricado, se procedió a determinar primero el diseño de mezcla de concreto para el adoquín y para el relleno de la geocelda Diamond Grid.

Pero para realizar el diseño de mezcla se procedió primero a seleccionar y ensayar los materiales necesarios para dicho diseño.

### **Características físicas del agregado fino.**

El material de agregado fino fue seleccionado de la cantera Quebrada el León ubicada en - el Milagro - Huanchaco – Trujillo.



**Figura 36.** Cantera Quebrada el león  
(Elaboración propia)

El material seleccionado fue arena gruesa zarandeada, cumpliendo las exigencias de la NTP: 399.611.

#### **Contenido de Humedad- Agregado fino.**

Se realizó el ensayo de contenido de humedad mediante la norma NTP 339.185, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 41.**

*Contenido de humedad- Agregado fino.*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Promedio</b>
Peso recipiente	gr	117.2	217.6	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	1,244.5	1,305.0	
Peso recipiente + muestra seca	gr	1,238.8	1,297.9	
Peso de muestra húmeda	gr	1,127.3	1,087.4	
Peso de muestra seca	gr	1,121.6	1,080.3	
Peso de agua	gr	6	7	
Contenido de humedad	gr	0.5	0.7	0.6

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

#### **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos, se obtuvo un contenido de humedad promedio de 0.6%.

#### **Peso unitario suelo y compactado- Agregado fino.**

Se realizó el ensayo de peso unitario del suelo sin y con compactación contenido de humedad mediante la norma NTP 400.017, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 42.***Peso unitario suelo y compactado- Agregado fino.*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	14.783	14.700	14.765	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	15.926	15.982	16.009	
Peso recipiente	kg	3.525	3.525	3.525	
Peso de muestra en estado suelto	kg	11.258	11.175	11.240	
Peso de muestra en estado compactado	kg	12.401	12.457	12.484	
Volumen del recipiente	kg	0.0071	0.0071	0.0071	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,597	1,585	1,594	<b>1,592</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,759	1,767	1,771	<b>1,766</b>

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

**Interpretación:**

Según los resultados obtenidos, se obtuvo un peso unitario de suelo promedio de: 1.5292 kg/m<sup>3</sup> y de suelo compactado de: 1.766 kg/m<sup>3</sup>.

**Peso específico y absorción- Agregado fino.**

Se realizó el ensayo de peso específico y absorción mediante la norma NTP 400.022, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 43.***Peso específico y absorción.- Agregado fino.*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de muestra secada en horno al aire	gr	613.3	573.7	
Peso del pignometro lleno de agua	gr	669.2	669.2	
Peso pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,056.7	1,031.5	
Peso de muestra en estado SSS	gr	620.3	579.6	
<b>Peso específico base seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.63	2.64	<b>2.64</b>
Peso específico base SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.66	2.67	0.62.67
<b>Absorción</b>	%	1.1	1.0	<b>1.1</b>

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

### Interpretación:

Según los resultados obtenidos, se obtuvo un peso específico base seca promedio de: 2.64 gr/cm<sup>3</sup> y absorción promedio de: 1.1 %.

### Análisis granulométrico por tamizado- Agregado fino.

Se realizó el ensayo de análisis granulométrico por tamizado mediante la norma NTP 400.012, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 44.**

*Análisis granulométrico- Agregado fino.*

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que pasa	Límites (NTP 400.0.37)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
N°4	4.750	40.7	3.7	3.7	96.3	95	100	
N°8	2.360	98.2	9.0	12.7	87.3	80	100	Características físicas:
N°16	1.180	227.8	20.9	33.6	66.4	50	85	Tamaño Máx. Nom:
N°30	0.600	330.3	30.3	63.9	36.1	25	60	Cont. De humedad: 0.6%
N°50	0.300	232.5	21.4	85.3	14.7	5	30	Modulo de finura: 2.94
N°100	0.150	102.1	9.4	94.7	5.3	0	10	
N°200	0.075	38.6	3.5	98.2	1.8	0	5	
Fondo	-	18.4	1.7	99.9	0.1			
		<b>1088.6</b>	<b>99.9</b>					

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

### Interpretación:

El resultado obtendio de importancia en el ensayo de análisis granulométrico de el módulo de finura el cual fue de 2.94.

### Características del agregado grueso:

El material de agregado grueso fue seleccionado de la cantera La Soledad, ubicada en - Chicama – Ascope- Trujillo.

El material seleccionado fue piedra triturada huso 8, es decir de 3/8” de pulgadas, debido a la dimensión de la plancha Diamond Grid.



**Figura 37.** Cantera La soledad.(Elaboración propia)

### Contenido de Humedad-Agregado grueso.

Se realizó el ensayo de contenido de humedad mediante la norma NTP 339.185, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 45.**

*Contenido de humedad- Agregado grueso.*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	258	311	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	2,946	3,103	
Peso recipiente + muestra seca	gr	2,934	3,088	
Peso de muestra húmeda	gr	2,688	2,792	
Peso de muestra seca	gr	2,676	2,777	
Peso de agua	gr	12	15	
<b>Contenido de humedad</b>	gr	0.4	0.5	<b>0.5</b>

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

**Interpretación:** Según los resultados obtenidos se obtuvo un contenido de humedad promedio de 0.5 %.

### **Peso unitario suelo y compactado- Agregado grueso.**

Se realizó el ensayo de peso unitario del suelo sin y con compactación contenido de humedad mediante la norma NTP 400.017, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 46.**

*Peso unitario suelo y compactado- Agregado grueso.*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>	<b>Promedio</b>
Peso recipiente + muestra suelta	kg	13.056	12.967	12.854	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	13.709	13.852	13.683	
Peso recipiente	kg	3.525	3.525	3.525	
Peso de muestra en estado suelto	kg	9.531	9.442	9.329	
Peso de muestra en estado compactado	kg	10.184	10.327	10.158	
Volumen del recipiente	kg	0.0071	0.0071	0.0071	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,352	1,339	1,323	<b>1,338</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,445	1,465	1,441	<b>1,450</b>

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

### **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos se obtuvo un peso unitario de suelo promedio de: 1,338 kg/m<sup>3</sup> y de suelo compactado de: 1, 450 kg/m<sup>3</sup>.

### **Peso específico y absorción- Agregado grueso.**

Se realizó el ensayo de peso específico y absorción mediante la norma NTP 400.022, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 47.**

*Peso específico y absorción.- Agregado grueso.*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra secada en horno al aire	gr	2,716	2,471	
Peso de muestra en estado SSS al aire	gr	2,759	2,506	
Peso de muestra saturada en agua	gr	1,720	1,566	
<b>Peso específico base seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.61	2.63	<b>-2.62</b>
Peso específico base SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.66	2.67	2.67
<b>Absorción</b>	%	1.6	1.4	<b>1.5</b>

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

### Interpretación:

Según los resultados obtenidos se obtuvo un peso específico base seca promedio de: 2.62 gr/cm<sup>3</sup> y absorción promedio de: 1.5 %.

### Análisis granulométrico por tamizado- Agregado grueso.

Se realizó el ensayo de análisis granulométrico por tamizado mediante la norma NTP 400.012, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 48.**

*Análisis granulométrico- Agregado grueso.*

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que pasa	Límites (NTP 400.0.37)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
1½"	37.50							
1"	25.00							
¾"	19.00							Características físicas:
½"	12.50	0	0.0	0.0	100.0	100	100	Tamaño Máx. Nom: ¾"
⅜"	9.50	146	4.2	4.2	95.8	85	100	Cont. De humedad: 0.5%
Nº4	4.75	2827	81.9	86.1	13.9	10	30	Modulo de finura: 5.88
Nº8	2.36	416	12.1	98.2	1.8	0	10	
Nº16	1.18	42	1.2	99.4	0.6	0	5	
Fondo	-	19	0.6	100.0	0.0			
		3450	100.0					

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

### Interpretación:

El resultado obtenido de importancia en el ensayo de análisis granulométrico de el módulo de finura el cual fue de 5.88.

### Diseño de mezcla para adoquín peatonal (tipo I).

Par el diseño de mezcla de concreto para el adoquín tipo I (uso peatonal) se determino usar el método ACI, puesto que es el mas usado.

El diseño de mezcla fue elaborado en la ciudad de Trujillo, provincia y departamento de La Libertad en el laboratorio QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

Para el diseño de mezcla de concreto del adoquín se necesitó contar con ciertos parámetros como el que a continuación se muestra:

**Tabla 49.**

*Espesor nominal y resistencia a la compresión adoquín tipo I.*

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
	60	41 (420)	37 (380)
II (vehicular ligero)	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Fuente: Norma técnica peruana 399.611.

### Interpretación:

En la tabla anterior se demuestra que para el adoquín tipo I (peatonal) se necesita diseñar una mezcla con una resistencia a la compresión mínima por una muestra de 3 unidades de 320 kg/cm<sup>2</sup>.

Las dimensiones del adoquín tipo I, NTP 399.611 es de: 10 cm x 20 cm x 4 cm.



### Especificaciones técnicas del concreto (adoquín tipo I).

El adoquín para uso peatonal debe tener una resistencia a la compresión de 320 kg/cm<sup>2</sup> pero se planteó una resistencia requerida de 390 kg/cm<sup>2</sup> para dar una mayor eficacia al diseño, y el tipo de cemento que se empleó para el diseño es el MS, del cual en la parte de anexos se muestra su ficha técnica. Dicho todo ello, en la siguiente figura se muestra las especificaciones del concreto:

**Tabla 50.**

*Especificaciones técnicas del concreto para adoquín Tipo I*

Identificación	Tipo Cemento	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Slump (pulg)	TMNA (pulg)	Relación (A/C)
C320-MS-H8-A6	MS	<b>320</b>	390	6 ± 1	3/8	0.44

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

Donde:

f'c: Resistencia especificada.

f'cr: Resistencia requerida.

TMNA: Tamaño máximo nominal del agregado.

### Propiedades físicas de los materiales (adoquín tipo I y III).

Las características físicas de los agregados ensayados y obtenidos de las canteras quebrada el León y La soledad y otros materiales necesarios e indispensables para el diseño de mezcla, se muestra a continuación:

**Tabla 51.**

*Propiedades físicas de los materiales para adoquines tipo I, III y geocelda Diamond Grid.*

Material	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	Contenido Humedad (%)	Módulo de Finura	PUS (kg/m <sup>3</sup> )	PUC (kg/m <sup>3</sup> )	Procedencia
Cemento Tipo MS	2,960						Cementos Pacasmayo
Agua potable o similar	1,000						
Arena zarandeada	2,640	1.1	0.6	2.94	1,592	1,766	Cantera Quebrada EL Leon - Trujillo
Piedra triturada huso 8	2,620	1.5	0.5	5.88	1,338	1,450	Cantera La Soledad - Chicama
Aditivo plastificante	1,210						Sikament TM 190

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

Donde:

PUS: Peso unitario suelto.

PUC: Peso unitario compactado.

Se empleó el aditivo plastificante sikament TM 190 y sus datos técnicos se encuentran en la parte de los anexos.

## Diseño de mezcla $f'c= 320 \text{ kg/cm}^2$ para adoquín tipo I.

Se procedió a realizar los cálculos con una tanda de prueba de 28 litros.

**Tabla 52.**

*Diseño de mezcla  $f'c= 320 \text{ kg/cm}^2$  para adoquín tipo I*

Material	Peso Seco (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Húmedo (kg/m <sup>3</sup> )	Tanda Prueba (kg)	Tanda por bolsa de cemento
Cemento Tipo MS	488.64	0.165	488.64	488.64	13.682	1 bls
Agua potable o similar	215.00	0.215	215.00	226.10	6.331	20 lts
Arena zarandeada	939.84	0.356	950.18	945.48	26.473	1.8 p3
Piedra triturada huso 8	638.00	0.244	647.57	641.20	17.954	1.5 p3
Aditivo plastificante	5.86	0.005	5.86	5.86	0.164	620 ml
Aire atrapado	0.00	0.015	0.00	0.00	0.00	
<b>Totales</b>	<b>2,287.34</b>	<b>1.000</b>	<b>2,307.25</b>	<b>2,307.28</b>	<b>64.60</b>	

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

Donde: SSS: Saturado superficialmente seco.

### Interpretación:

Se determinó que para un metro cúbico de concreto  $f'c = 390 \text{ kg/cm}^2$ , se necesita 0.165 m<sup>3</sup> de concreto tipo MS, 0.215 de agua, 0.356 de arena zarandeada, 0.244 de piedra de 3/8" y 0.005 de aditivo plástificante Sikament TM 190.

### Diseño de mezcla para adoquín industrial (tipo III).

Para el diseño de mezcla de adoquín Industrial tipo III que es para tránsito vehicular pesado, patios Industriales o de contenedores, también se usó el método ACI.

A continuación se muestra los requisitos físicos para el adoquín tipo III:

**Tabla 53.** *Espesor nominal y resistencia a la compresión adoquín tipo III.*

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Fuente: Norma técnica peruana 399.611.

#### Interpretación:

En la tabla anterior se demuestra que para el adoquín tipo III (Industrial) se necesita diseñar una mezcla con una resistencia a la compresión mínima por una muestra de 3 unidades de 561 kg/cm<sup>2</sup>.

Las dimensiones del adoquín tipo I según NTP: 399.611 es de: 10cm x 20cm x 8 cm.

### **Especificaciones técnicas del concreto (adoquín tipo III).**

El adoquín para uso de tránsito pesado debe tener una resistencia a la compresión de 561 kg/cm<sup>2</sup> pero se planteó una resistencia requerida de 630 kg/cm<sup>2</sup> para dar una mayor eficacia al diseño, y el tipo de cemento que se empleó para el diseño es el MS, del cual en la parte de anexos se muestra su ficha técnica. Dicho todo ello, en la siguiente figura se muestra las especificaciones del concreto:

**Tabla 54.**

*Especificaciones técnicas del concreto para adoquín tipo III*

<b>Identificación</b>	<b>Tipo Cemento</b>	<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f'cr (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Slump (pulg)</b>	<b>TMNA (pulg)</b>	<b>Relacion (A/C)</b>
C560-MS-H8-A6	MS	<b>560</b>	630	6 ± 1	3/8	0.35

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

Donde:

f'c: Resistencia especificada.

f'cr: Resistencia requerida.

TMNA: Tamaño máximo nominal del agregado.

### **Propiedades físicas de los materiales (adoquín tipo III).**

Las propiedades físicas son las mismas descritas en la tabla N° 50: Propiedades físicas de los materiales para adoquín tipo I, III y geocelda Diamond grid.

### **Diseño de mezcla f'c= 560 kg/cm<sup>2</sup> para adoquín tipo III.**

Se procedió a realizar los cálculos con una tanda de prueba de 28 litros.

**Tabla 55.***Diseño de mezcla  $f'c = \text{kg/cm}^2$  para adoquín tipo III.*

<b>Material</b>	<b>Peso Seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso Húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda Prueba (kg)</b>	<b>Tanda por bolsa de cemento</b>
Cemento Tipo MS	614.29	0.208	614.29	614.29	17.200	1 bls
Agua potable o similar	215.00	0.215	215.00	225.50	6.314	16 lts
Arena zarandeada	823.68	0.312	832.74	828.62	23.201	1.3 p3
Piedra triturada huso 8	638.00	0.244	647.57	641.20	17.954	1.2 p3
Aditivo plastificante	7.37	0.006	7.37	7.37	0.206	620 ml
Aire atrapado	0.00	0.015	0.00	0.00	0.00	
<b>Totales</b>	<b>2,298.34</b>	<b>1.000</b>	<b>2,316.97</b>	<b>2,316.98</b>	<b>64.88</b>	

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

Donde:

SSS: Saturado superficialmente seco

**Interpretación:**

Se determinó que para las tres muestras realizadas se necesitó 17.2 kg de cemento tipo MS, 6.314 kg de agua potable o similar, 23.201 de arena zarandeada, 17.954 de piedra triturada de 3/8" y 0.206 de aditivo plastificante.

### **Diseño de mezcla de concreto para Diamond Grid.**

Para el diseño de mezcla del concreto para el sistema Diamond Grid se utilizó la metodología ACI 211.1. considerando la resistencia mínima recomendada para pavimentos sujetos a desgaste por tránsito pesado, la cual es de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

### **Especificaciones técnicas del concreto para geocelda Diamond Grid.**

**Tabla 56.**

*Especificaciones técnicas del concreto para geocelda Diamond Grid.*

Identificación	Tipo Cemento	$f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$f'cr$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Slump (pulg)	TMNA (pulg)	Relacion (A/C)
C280-MS-H8-A6	MS	<b>280</b>	350	$6 \pm 1$	3/8	0.48

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

Donde:

$f'c$ : Resistencia especificada.

$f'cr$ : Resistencia requerida.

TMNA: Tamaño máximo nominal del agregado.

### **Propiedades físicas de los materiales (concreto para Diamond Grid).**

Las propiedades físicas son las mismas descritas en la tabla N° 50: Propiedades físicas de los materiales para adoquin tipo I, III y geocelda Diamond Grid.

### **Diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para relleno de Diamond Grid.**

Se procedió a realizar los cálculos con una tanda de prueba de 28 litros.

**Tabla 57.***Diseño de mezcla  $f'c = \text{kg/cm}^2$  para geocelda Diamond Grid.*

<b>Material</b>	<b>Peso Seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso Húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tanda Prueba (kg)</b>	<b>Tanda por bolsa de cemento</b>
Cemento Tipo MS	447.92	0.151	447.92	447.92	12.542	1 bls
Agua potable o similar	215.00	0.215	215.00	226.30	6.336	21 lts
Arena zarandeada	979.44	0.371	990.21	985.32	27.589	2.1 p3
Piedra triturada huso 8	638.00	0.244	647.57	641.20	17.954	1.6 p3
Aditivo plastificante	5.38	0.004	5.38	5.38	0.151	620 ml
Aire atrapado	0.00	0.015	0.00	0.00	0.00	
<b>Totales</b>	<b>2,285.74</b>	<b>1.000</b>	<b>2,306.08</b>	<b>2,306.12</b>	<b>64.57</b>	

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

Donde:

SSS: Saturado superficialmente seco

**Interpretación:**

Se determinó que para la tanda de prueba realizada se necesitó 12.542 kg de cemento tipo MS, 6.336 kg de agua potable o similar, 27.589 de arena zarandeada, 17.954 de piedra triturada de 3/8" y 0.151 de aditivo plastificante.



## Resumen de diseños de mezclas.

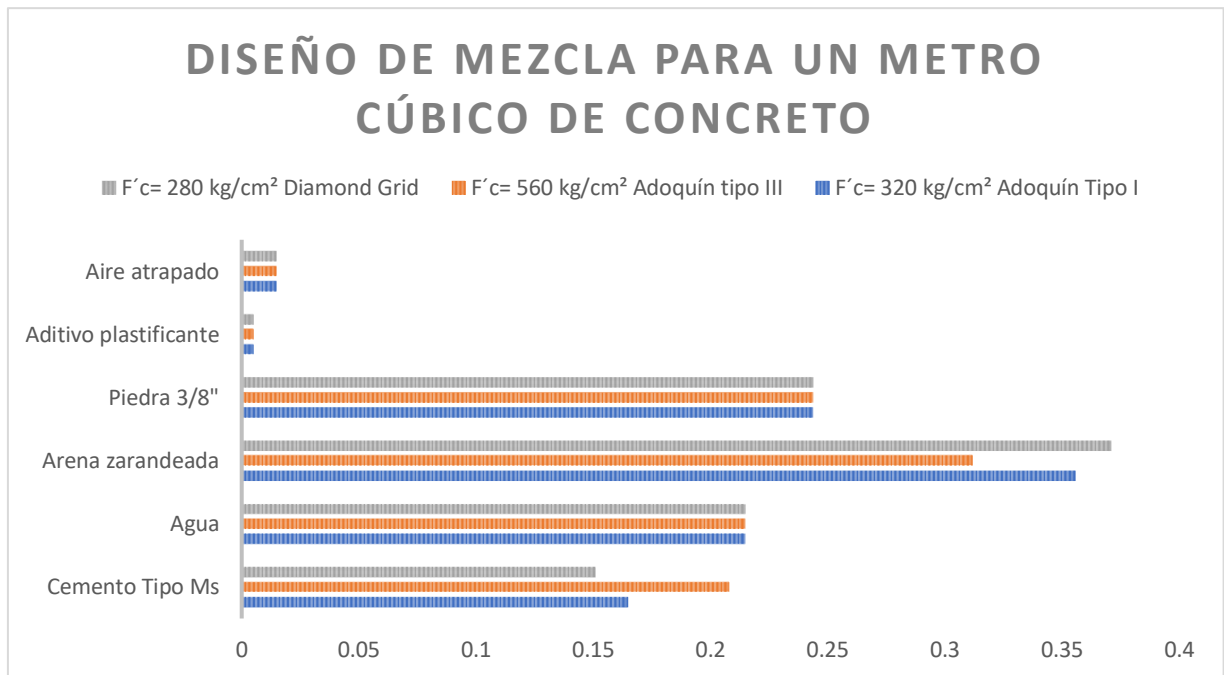
A continuación en la siguiente tabla se demuestra el resumen del diseño de mezclas para un m<sup>3</sup> de concreto:

**Tabla 58.**

*Diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.*

<b>Materiales</b>	<b>Diseño de mezcla f'c= 320 kg/cm<sup>2</sup> (adoquín tipo I). Um: m<sup>3</sup></b>	<b>Diseño de mezcla f'c= 560 kg/cm<sup>2</sup> (adoquín tipo III). Um: m<sup>3</sup></b>	<b>Diseño de mezcla f'c= 280 kg/cm<sup>2</sup> (Diamond Grid). Um: m<sup>3</sup></b>
<b>Cemento Tipo MS</b>	0.165	0.208	0.151
<b>Agua potable o similar</b>	0.215	0.215	0.215
<b>Arena zarandeada</b>	0.356	0.312	0.371
<b>Piedra triturada de 3/8"</b>	0.244	.0244	0.244
<b>Aditivo plastificante</b>	0.005	0.006	0.004
<b>Aire atrapado</b>	0.015	0.015	0.015

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 38.** Diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.( Elaboración propia).

### Interpretación:

De los resultados de los tres diseños de mezclas realizados, se puede apreciar en la figura n° 38, que para el relleno de concreto de Diamond Grid, se requiere menos volumen de cemento, pero más arena zarandeada, frente a los dos diseños de mezclas de adoquines de 4 cm y de 8 cm.

### Elaboración de probetas.

Con el diseño de mezcla determinado para cada tipo de espécimen se procedió a realizar las probetas.

### Adoquín tipo I.

Se elaboró 9 und de adoquín de tipo I de dimensiones y procedimientos establecidas en la NTP, 399.611. de dimensiones 10 cm de ancho x 20 cm de largo y 4 cm de alto, las muestras fueron elaboradas por el laboratorio "Quality control express s.a.c" ubicado en la ciudad de Trujillo.

A continuación, se muestra 6 de los 9 especímenes de adoquines de concreto tipo I, puesto que 3 fueron llevados para el ensayo de resistencia a la compresión.



**Figura 39.** Probetas de adoquín tipo I (Laboratorio quality control express s.a.c)

### **Adoquin tipo III.**

Se elaboró 9 und de adoquín de tipo I de dimensiones y procedimientos establecidas en la NTP, 399.611. de dimensiones 10 cm de ancho x 20 cm de largo y 8 cm de alto, las muestras fueron elaboradas por el laboratorio “Quality control express s.a.c” ubicado en la ciudad de Trujillo.

A continuación, se muestra 6 de los 9 especímenes de adoquines de concreto tipo III, puesto que 3 fueron llevados para el ensayo de resistencia a la compresión:



**Figura 40.** Probetas de adoquín tipo III (Laboratorio quality control express s.a.c)  
**Geocelda Diamond Grid.**

Se elaboró 9 und de la geocelda Diamond Grid rellena considerando las dimensiones de la ficha técnica adjunta en la parte de los anexos.

Para la selección de las probetas a realizar primero se realizo el corte a una plancha de Diamond Grid, la cual mide 1 m x 1 m, y teniendo en cuenta que cada celda individual mide 6 cm x 6 cm, se determinó preparar una probeta de dimensiones similares o paralelas a las de un adoquín para así establecer una relación en la determinación de los ensayos a compresión que se realizarían; por lo tanto se cortaron con amoladora un molde de dimensiones 6 cm x 12 cm x 4 cm de alto, las muestras fueron elaboradas por el laboratorio “Quality control express s.a.c” ubicado en la ciudad de Trujillo.



**Figura 41.** Habilitación de moldes de Diamond Grid (Laboratorio quality control express s.a.c)  
Una vez habilitado los moldes de Diamond Grid, se procedió al vaciado del concreto.



**Figura 42.** Vaceado de concreto (Laboratorio quality control express s.a.c)

### **Resistencia a la compresión.**

Dando respuesta al “OE3” el cual es determinar la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto y comparadas con los adoquines de tipo I y III, se realizó los ensayos a la compresión de dichos especímenes.

Las edades de las probetas a ensayar fueron de 3 días, 7 y 28 días, de las cuales se consideró someter a ensayo a los 3 días, debido a la información recomendada por los fabricantes de adoquines, puesto que a esa edad los adoquines al ser transportados y manipulados de un lugar a otro, pierde su consistencia.

Los ensayos de resistencia a la compresion se realizaron mediante en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, y adjuntada en la sección de anexos.



**Figura 43.** Máquina de compresión automática-ALFA-B-001/LCD/2 (Elaboración propia).

**Tabla 59.**

*Edad de ensayos a probetas*

<b>Especímen</b>	<b>Edad de ensayo( Dias)</b>
Adoquín tipo I	3 – 7 -28
Adoquín tipo II	3 – 7 -28
Geocelda Diamond Grid rellena con concreto	3 – 7 -28

Fuente: Elaboración propia

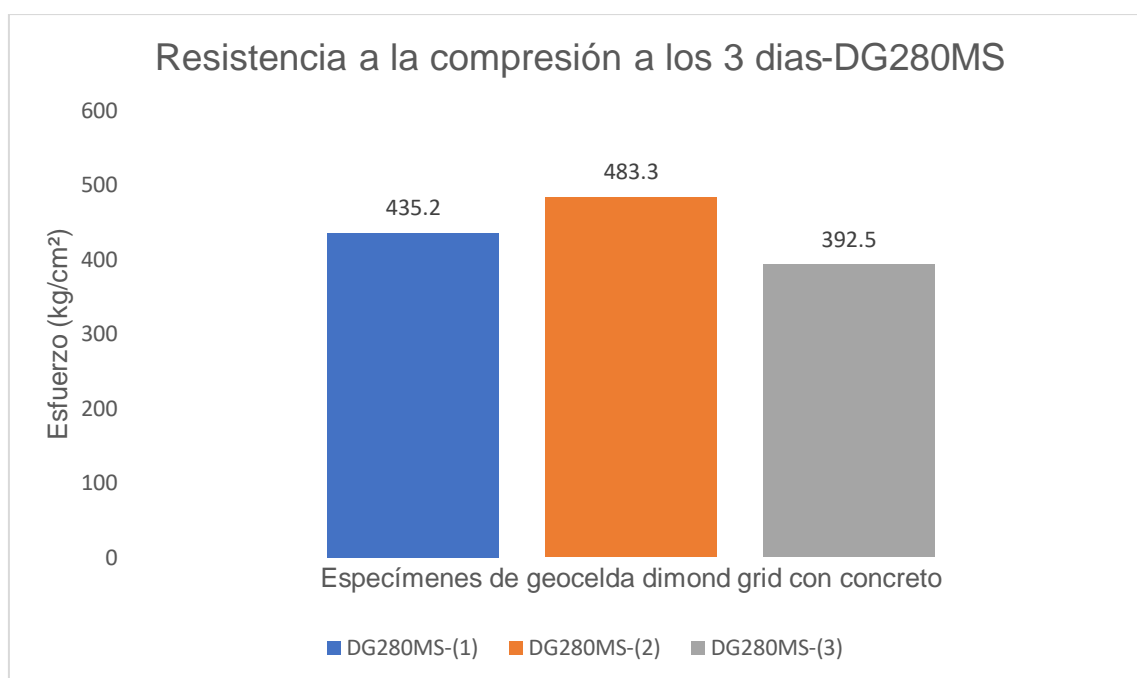
### **Ensayo de resistencia a la compresión de la geocelda rellena con concreto- 3 días.**

A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los tres especímenes de Diamond Grid relleno con concreto (DG280MS) a los 3 días mediante la norma NTP: 339.604:2002.

**Tabla 60.***Resistencia a la compresión a los 3 días-DG280MS*

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>3</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
DG280MS-(1)	29/05/2021	01/06/2021	3	12.0	6.0	4.0	72	31332	435.2	N.D.
DG280MS-(2)	29/05/2021	01/06/2021	3	12.0	6.0	4.0	72	34794	483.3	N.D.
DG280MS-(3)	29/05/2021	01/06/2021	3	12.0	6.0	4.0	72	28261	392.5	N.D.

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c

**Figura 44.** Resistencia a la compresión a los 3 días-DG280MS.( Elaboración propia).**Interpretación:**

Según los resultados mostrados en la tabla y gráfico anterior, se estableció que la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid con relleno de concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  promedio es de **437 kg/cm<sup>2</sup>**.

## Ensayo a la compresión de adoquín de concreto tipo I- 3 días.

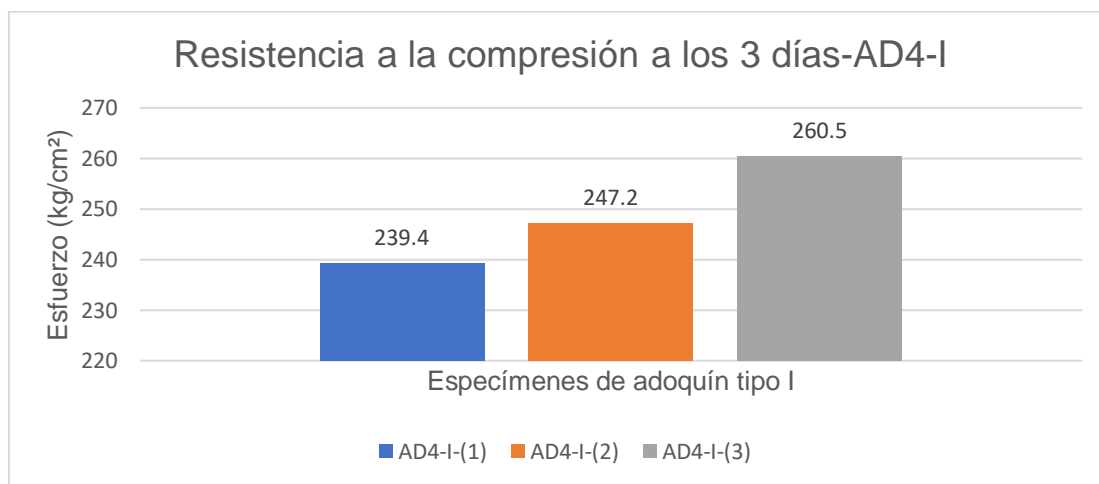
A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los tres especímenes de adoquín de concreto de 4 cm tipo I (AD4-I) a los 3 días mediante la norma NTP: 339.604:2002.

**Tabla 61.**

*Resistencia a la compresión a los 3 días-AD4-I*

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD4-I-(1)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	47885	239.4	1.728
AD4-I-(2)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	49436	247.2	1.745
AD4-I-(3)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	52095	260.5	1.710

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c



**Figura 45.** Resistencia a la compresión a los 3 días-AD4-I.( Elaboración propia).

### Interpretación:

Según los resultados mostrados en la tabla y gráfico anterior, se estableció que la resistencia a la compresión para el adoquín de concreto de 4 cm tipo I peatonal de 10 x 20 x4 promedio es de **249 kg/cm<sup>2</sup>**.



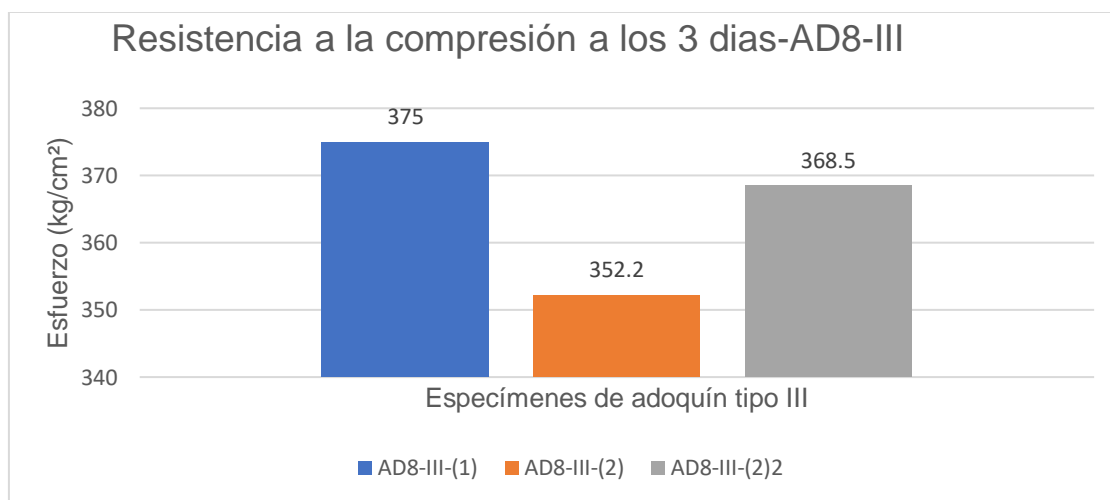
### Ensayo a la compresión de adoquín de concreto tipo III- 3 días.

A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los tres especímenes de adoquín de concreto de 8 cm tipo III (AD8-III) a los 3 días mediante la norma NTP: 339.604:2002.

**Tabla 62.**  
*Resistencia a la compresión a los 3 días-AD8-III*

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD8-III-(1)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	75009	375.0	3.488
AD8-III-(2)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	70445	352.2	3.501
AD8-III-(3)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	73692	368.5	3.495

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c



**Figura 46.** Resistencia a la compresión a los 3 días-AD8-III.( Elaboración propia).

#### Interpretación:

Según los resultados mostrados en la tabla y gráfico anterior, se estableció que la resistencia a la compresión para el adoquín de concreto de 8 cm tipo III Industrial de 10 x 20 x 8 cm promedio es de **365.2 kg/cm<sup>2</sup>**.

## Resistencia a la compresión promedio de especímenes estudiados a los 3 días.

A continuación se detalla los resultados promedios de la resistencia a la compresión de los especímenes DG280MS, AD4 – I y AD8-III:

**Tabla 63.**

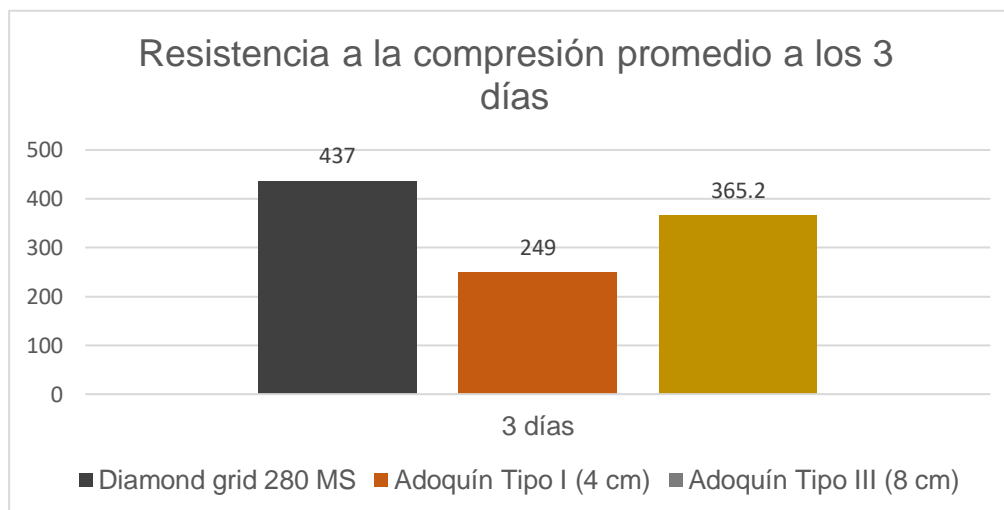
*Comparación de la resistencia a la compresión a los 3 días.*

Espécimen	Resistencia a la compresión requerida. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión obtenida a los 3 días. (kg/cm <sup>2</sup> )
DG280MS	350	437
AD4 – I	390	249
AD8-III:	630	365.2

Fuente: Elaboración propia.

### Interpretación:

Se demostró que la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond grid obtenida a los 3 días es de **437 kg/cm<sup>2</sup>**, superando a la resistencia requerida de 350 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 47.** Resistencia a la compresión promedio a los 3 días. Elaboración propia).

### Interpretación:

Se demostró que la muestra de Diamond Grid rellena con concreto de 280 MS, supera en resistencia a la compresión a los 3 días a las muestras de adoquín tipo I y III.

## Ensayo a la compresión de la geocelda rellena con concreto- 7 días.

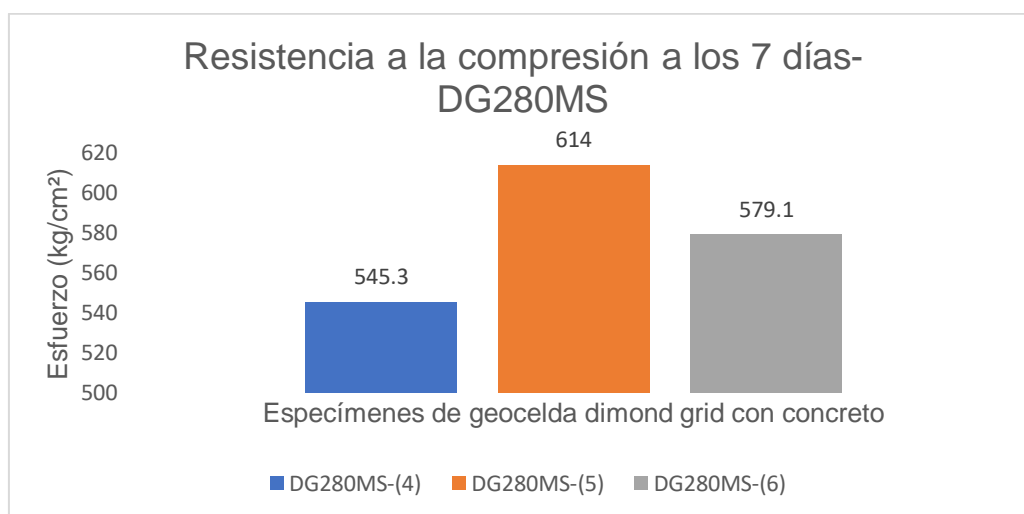
A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los tres especímenes de Diamond Grid relleno con concreto (DG280MS) a los 7 días mediante la norma NTP: 339.604:2002.

**Tabla 64.**

*Resistencia a la compresión a los 7 días-DG280MS*

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
DG280MS-(4)	29/05/2021	05/06/2021	7	12.0	6.0	4.0	72	39265	545.3	N.D.
DG280MS-(5)	29/05/2021	05/06/2021	7	12.0	6.0	4.0	72	44207	614.0	N.D.
DG280MS-(6)	29/05/2021	05/06/2021	7	12.0	6.0	4.0	72	41698	579.1	N.D.

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c



**Figura 48.** Resistencia a la compresión a los 7 días-DG280MS.( Elaboración propia).

### Interpretación:

Según los resultados mostrados en la figura anterior, se estableció que la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid con relleno de concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  promedio es de **579.5 kg/cm<sup>2</sup>**.

## Ensayo a la compresión de adoquín de concreto tipo I- 7 días.

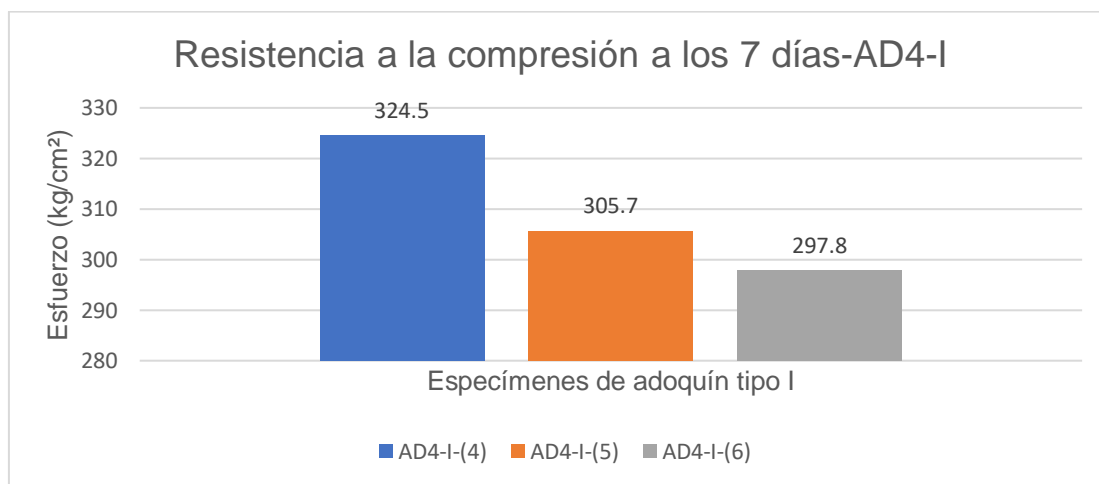
A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los tres especímenes de adoquín de concreto de 4 cm tipo I (AD4-I) a los 7 días mediante la norma NTP: 339.604:2002.

**Tabla 65.**

*Resistencia a la compresión a los 7 días-AD4-I*

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD4-I-(4)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	<b>64902</b>	<b>324.5</b>	1.704
AD4-I-(5)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	<b>61145</b>	<b>305.7</b>	1.735
AD4-I-(6)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	<b>59566</b>	<b>297.8</b>	1.718

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c



**Figura 49.** Resistencia a la compresión a los 7 días-AD4-I.( Elaboración propia).

### Interpretación:

Según los resultados mostrados en la figura anterior, se estableció que la resistencia a la compresión para el adoquín de concreto de 4 cm tipo I peatonal de 10 x 20 x4 promedio es de **309.3 kg/cm<sup>2</sup>**.

### Ensayo a la compresión de adoquín de concreto tipo III- 7 días.

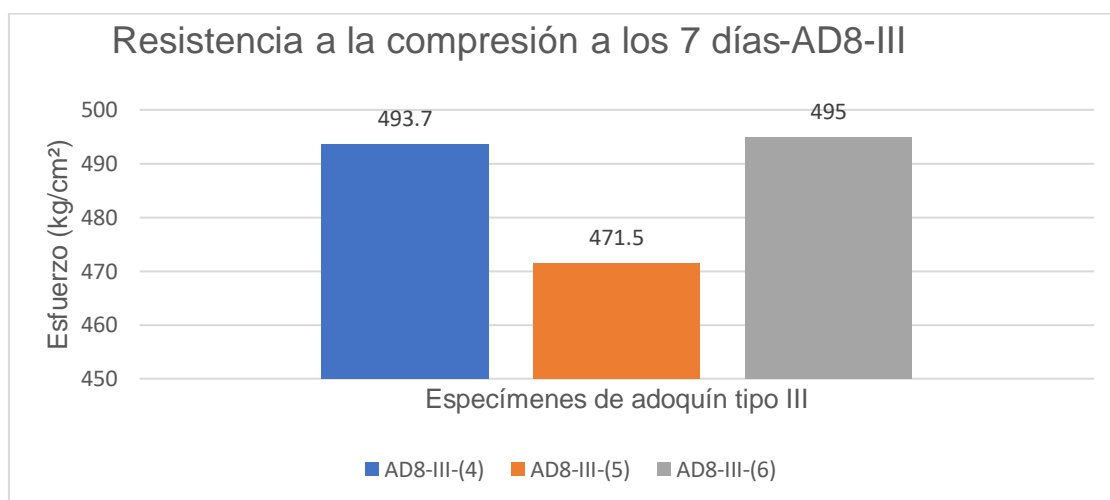
A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los tres especímenes de adoquín de concreto de 8 cm tipo III (AD8-III) a los 7 días mediante la norma NTP: 339.604:2002.

**Tabla 66.**

*Resistencia a la compresión a los 7 días-AD8-III*

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD8-III-(4)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	98741	493.7	3.516
AD8-III-(5)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	94306	471.5	3.502
AD8-III-(6)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	99005	495.0	3.531

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c



**Figura 50.** Resistencia a la compresión a los 7 días-AD8-III.( Elaboración propia).

### Interpretación:

Según los resultados mostrados en la figura anterior, se estableció que la resistencia a la compresión para el adoquín de concreto de 8 cm tipo III peatonal de 10 x 20 x 8cm promedio es de **486.7 kg/cm<sup>2</sup>**.

## Resistencia a la compresión promedio de especímenes estudiados a los 7 días.

A continuación se detalla los resultados promedios de la resistencia a la compresión de los especímenes DG280MS, AD4 – I y AD8-III:

**Tabla 67.**

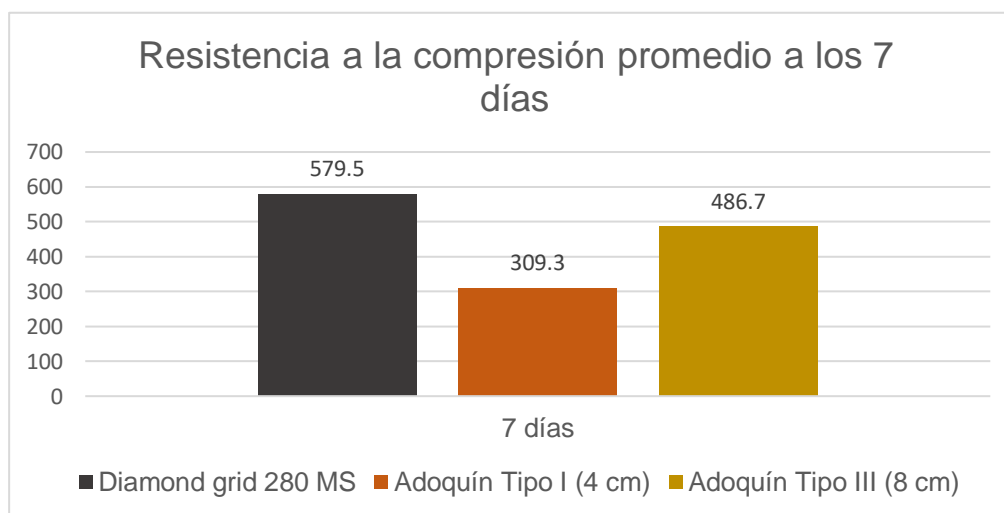
*Comparación de la resistencia a la compresión a los 7 días.*

Espécimen	Resistencia a la compresión requerida. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión obtenida a los 7 días. (kg/cm <sup>2</sup> )
DG280MS	350	579.5
AD4 – I	390	309.3
AD8-III:	630	486.7

Fuente: Elaboración propia.

### Interpretación:

Se demostró que la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid obtenida a los 7 días es de **579.5 kg/cm<sup>2</sup>**, dejando por debajo a la resistencia requerida de 350 kg/cm<sup>2</sup>, también se demostró que las resistencias de los adoquines aún no se acercan a las requeridas.



**Figura 51.** Resistencia a la compresión promedio a los 7 días. Elaboración propia).

**Interpretación:** Se demostró que la muestra de Diamond Grid rellena con concreto de 280 MS, siguió superando en resistencia a la compresión a los 7 días a las muestras de adoquín tipo I y III.

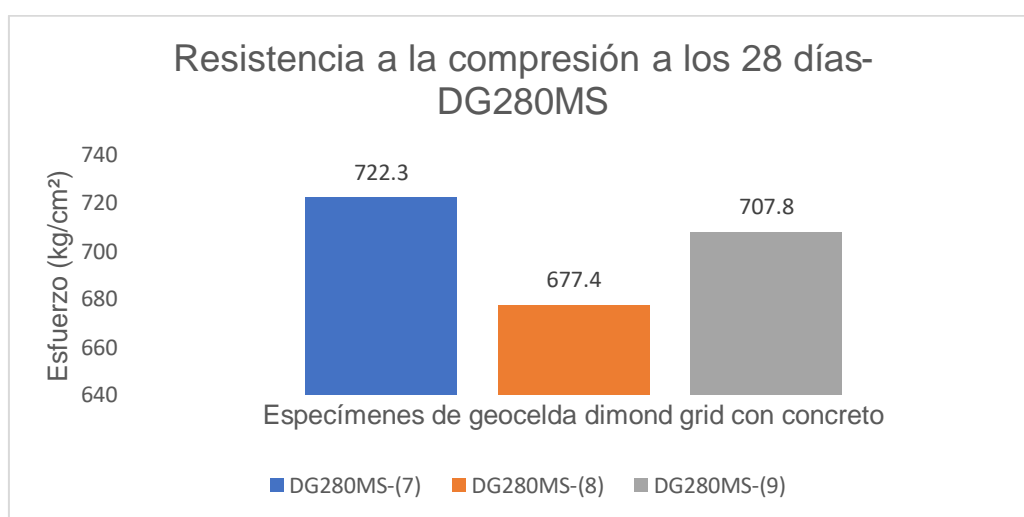
**Ensayo a la compresión de la geocelda rellena con concreto- 28 días.**

A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los tres especímenes de Diamond Grid relleno con concreto( DG280MS) a los 28 días mediante la norma NTP: 339.604:2002.

**Tabla 68.**  
*Resistencia a la compresión a los 28 días-DG280MS*

Identificación Especímen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
DG280MS-(7)	29/05/2021	26/06/2021	28	12.0	6.0	4.0	72	52002	722.3	N.D.
DG280MS-(8)	29/05/2021	26/06/2021	28	12.0	6.0	4.0	72	48775	677.4	N.D.
DG280MS-(9)	29/05/2021	26/06/2021	28	12.0	6.0	4.0	72	50964	707.8	N.D.

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c



**Figura 52.** Resistencia a la compresión a los 28 días-DG280MS.( Elaboración propia).

### Interpretación:

Según los resultados mostrados en la figura anterior, se estableció que la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid con relleno de concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  promedio es de **702.5 kg/cm<sup>2</sup>**.

### Ensayo a la compresión de adoquín de concreto tipo I- 28 días.

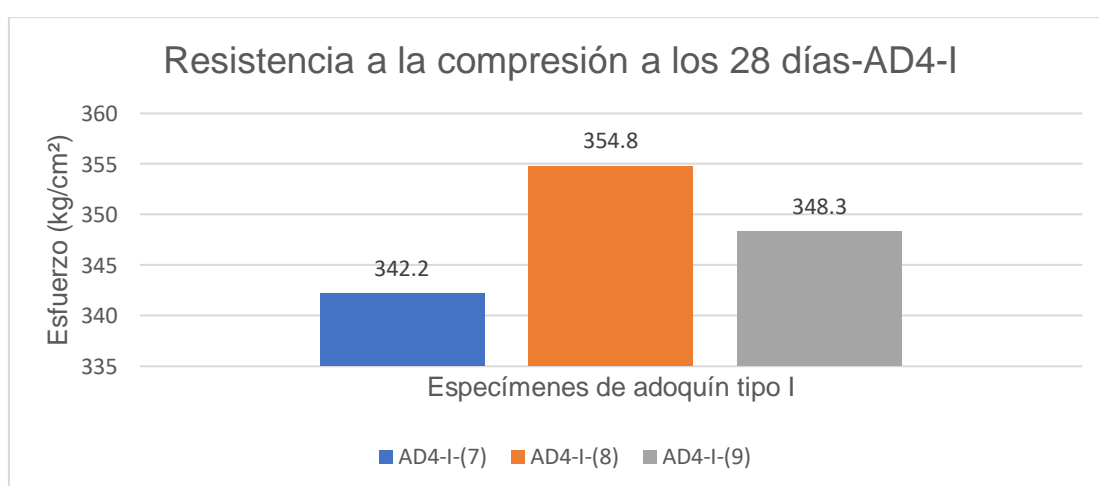
A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los tres especímenes de adoquín de concreto de 4 cm tipo I (AD4-I) a los 28 días mediante la norma NTP: 339.604:2002.

**Tabla 69.**

*Resistencia a la compresión a los 28 días-AD4-I*

Identificación Especímen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD4-I-(7)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	<b>68440</b>	<b>342.2</b>	1.704
AD4-I-(8)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	<b>70958</b>	<b>354.8</b>	1.735
AD4-I-(9)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	<b>69657</b>	<b>348.3</b>	1.718

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c



**Figura 53.** Resistencia a la compresión a los 28 días-AD4-I.( Elaboración propia).



**Interpretación:** Según los resultados mostrados en la figura anterior, se establece que la resistencia a la compresión para el adoquín de concreto de 4 cm tipo I peatonal de 10 x 20 x4 promedio es de **348.4 kg/cm<sup>2</sup>**.

**Ensayo a la compresión de adoquín de concreto tipo III- 28 días.**

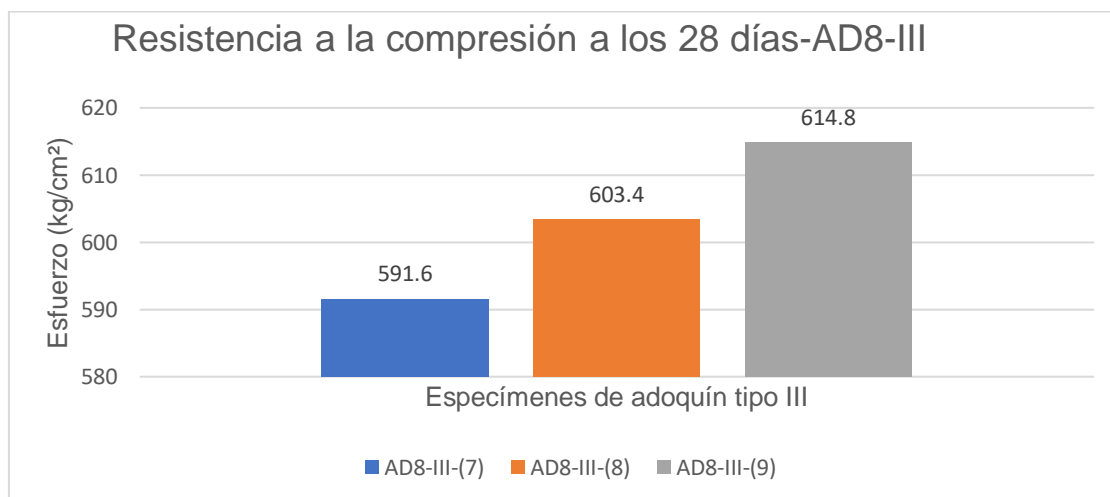
A continuación se muestran los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los tres especímenes de adoquín de concreto de 8 cm tipo III (AD8-III) a los 28 días mediante la norma NTP: 339.604:2002.

**Tabla 70.**

*Resistencia a la compresión a los 28 días-AD8-III*

Identificación Especímen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD8-III-(7)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	118320	591.6	3.516
AD8-III-(8)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	120688	603.4	3.502
AD8-III-(9)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	122952	614.8	3.531

Fuente: Laboratorio quality control express s.a.c



**Figura 54.** Resistencia a la compresión a los 28 días-AD8-III.( Elaboración propia).

### Interpretación:

Según los resultados mostrados en la figura anterior, se establece que la resistencia a la compresión para el adoquín de concreto de 8 cm tipo III peatonal de 10 x 20 x 8cm promedio es de **603.3 kg/cm<sup>2</sup>**.

### Resistencia a la compresión promedio de especímenes estudiados a los 28 días.

A continuación se detalla los resultados promedios de la resistencia a la compresión de los especímenes DG280MS, AD4 – I y AD8-III:

**Tabla 71.**

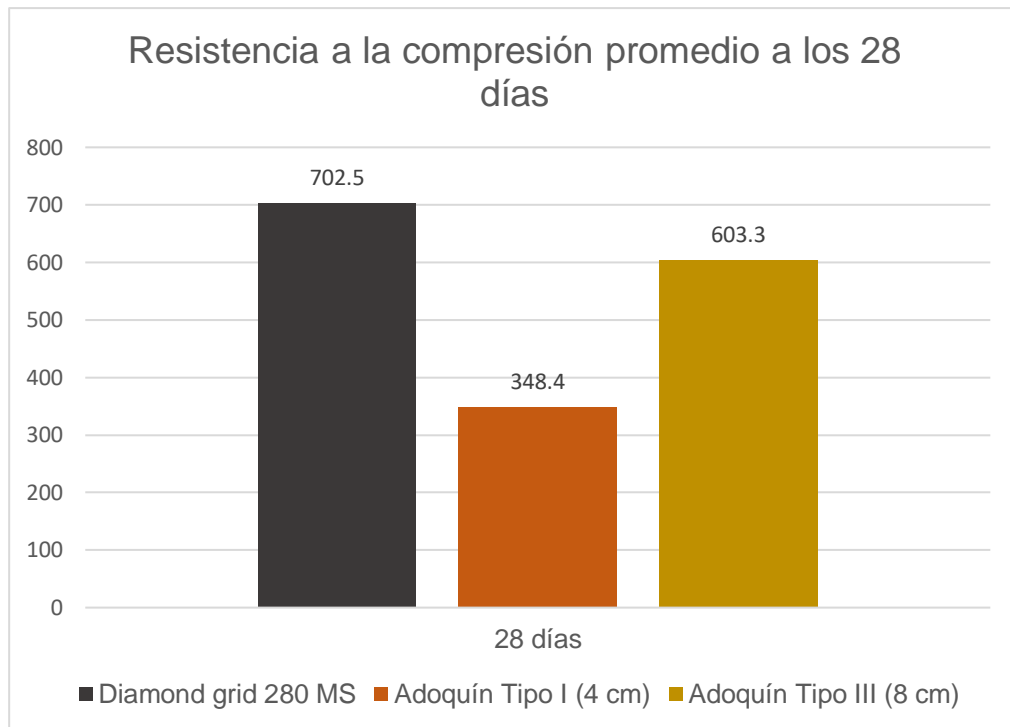
*Comparación de la resistencia a la compresión a los 28 días.*

Espécimen	Resistencia a la compresión especificada. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión requerida. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días. (kg/cm <sup>2</sup> )
DG280MS	280	350	702.5
AD4 – I	320	390	348.4
AD8-III:	560	630	603.3

Fuente: Elaboración propia.

### Interpretación:

Se demostró que la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid obtenida a los 28 días es de 702.5 kg/cm<sup>2</sup>, dejando por debajo a la resistencia requerida, también se demostró que las resistencias a la compresión de los adoquines, logró sobrepasar la resistencia especificada, mas no igualó a la resistencia requerida, cabe señalar que lo más importante es llegar a la resistencia especificada.



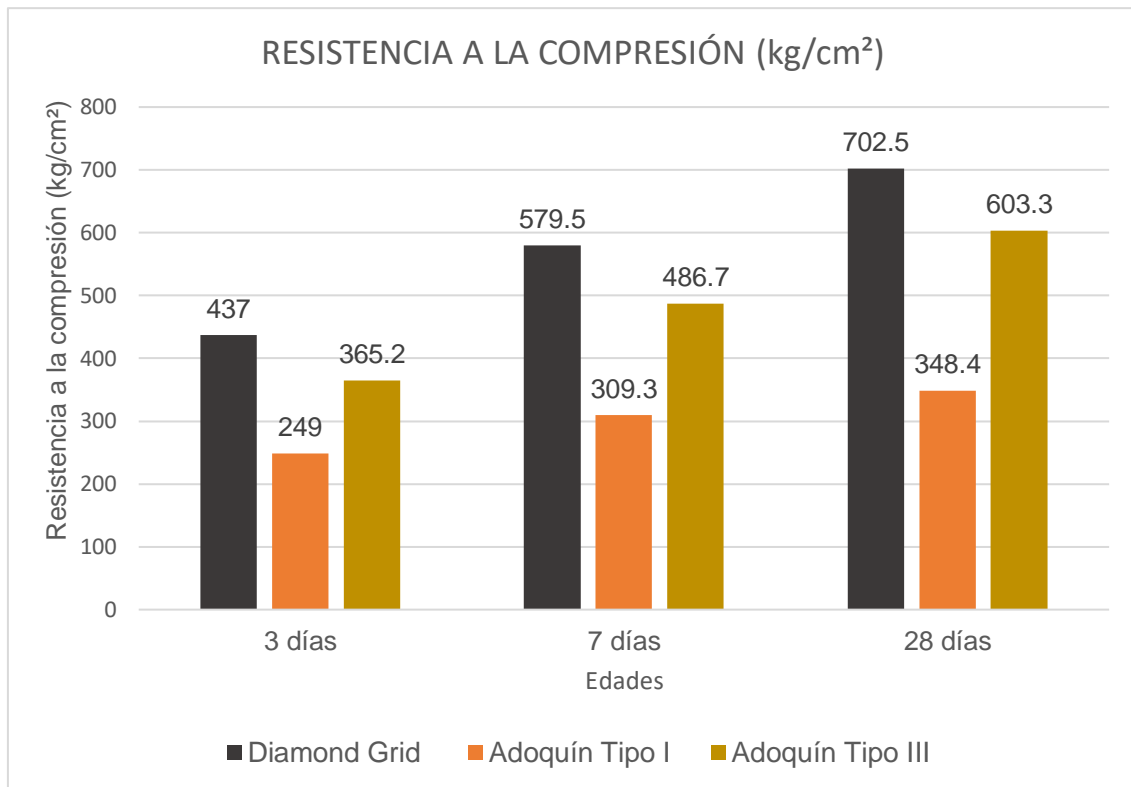
**Figura 55.** Resistencia a la compresión promedio a los 7 días. (Elaboración propia).

### **Interpretación:**

Se demostró que la resistencia a la compresión de la muestra de Diamond Grid rellena con concreto de 280 MS, llegó a un máximo de 702.5 kg/cm<sup>2</sup>, del Adoquín tipo I, a 348.4 kg/cm<sup>2</sup> y del adoquín tipo III, a 603.3 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo y superando a la resistencia a la compresión especificada.

### **Comparación de las resistencias a la compresión de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto, adoquín tipo I y tipo III.**

Luego de los ensayos de resistencia a la compresión realizados a las muestras de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto, adoquín tipo I y tipo III se hizo la comparación de los resultados promedios obtenidos a los 3, 7 y 28 días, los cuales se detallan a continuación:



**Figura 56.** Comparación de la resistencia a la compresión. (Elaboración propia).

### **Interpretación:**

Se determinó y se comparó las resistencias a la compresión de los especímenes en estudio, obteniendo como particularidad el aumento en la resistencia de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>, que en conjunto a los 28 días se obtuvo una resistencia de 702.5 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Determinación de costos de suministro e instalación de la carpeta de rodadura del pavimento adoquinado.**

Una vez determinada, ensayada y analizada los especímenes que conforman la capa de rodadura de un pavimento adoquinado con geocelda Diamond Grid y adoquín tipo I y tipo III, se procedió a realizar un análisis de costos unitarios para determinar el costo total de suministro e instalación por m<sup>2</sup>; a su vez, también se realizó lo mismo para la capa de rodadura compuesta por la geocelda Diamond Grid rellena con concreto.

**Costos de suministro e instalación de la carpeta de rodadura de un pavimento adoquinado compuesta por la geocelda Diamond Grid.**

**Tabla 72.**

*Costo de suministro e instalación de Diamond Grid ( Incl. Anclajes).*

<b>Partida: Suministro e instalación de Diamond Grid (incl. Anclajes)</b>					
<b>Rendimiento:</b>	925	M <sup>2</sup> /día			
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Parcial</b>
<b>Mano de obra</b>					
Capataz	hh	0.10	0.001	S/ 25.82	S/ 0.02
Operario	hh	1.00	0.009	S/ 19.86	S/ 0.17
Oficial	hh	-	-	S/ 16.31	-
Peón	hh	3.00	0.026	S/ 14.66	S/ 0.38
					<b>S/ 0.57</b>
<b>Materiales</b>					
Plancha Diamond Grid	M <sup>2</sup>		1.000	S/ 53.76	S/ 53.76
					<b>S/ 53.76</b>
<b>Equipos</b>					
Rodillo liso	hm	1.00	0.009	S/ 140.00	S/ 1.21
Vibratorio					
Herramientas Manuales	%mo		3.000	S/ 0.57	S/ 0.02
					<b>S/ 1.23</b>
				<b>Costo unitario por m<sup>2</sup>:</b>	<b>s/ 55.56</b>

Fuente: Diamond grid Latin America- Perú.

**Interpretación:**

De acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior, se determinó que el precio de suministro e instalación del Diamond Grid incluyendo anclajes es de S/. 55.56 nuevos soles con un rendimiento de instalación de 925 m<sup>2</sup> por día. Dicha información fue compartida por la empresa Diamond Grid Latin America, ubicada en Lima- Perú.

**Tabla 73.** Costo de ejecución de la capa de rodadura del pavimento adoquinado con sistema Diamond Grid DG (e= 0.04 m).

PARTIDA:		EJECUCIÓN DE PAVIMENTO ADOQUINADO CON SISTEMA GEOGRID DG (e=0.04 m)			
RENDIMIENTO:	595.00	m <sup>2</sup> /Día			
DESCRIPCIÓN	UM	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0.10	0.001	S/ 25.82	S/ 0.03
OPERARIO	HH	5.00	0.067	S/ 19.86	S/ 1.34
OFICIAL	HH	4.00	0.054	S/ 16.31	S/ 0.88
PEÓN	HH	3.00	0.040	S/ 14.66	S/ 0.59
					<b>S/ 2.84</b>
<b>MATERIALES</b>					
CONCRETO PREMEZCLADO	M <sup>2</sup>		1.050	S/ 13.00	S/ 13.65
ENDURECEDOR SUPERFICIAL	M <sup>2</sup>		1.000	S/ 2.50	S/ 2.50
					<b>S/ 13.65</b>
<b>EQUIPOS</b>					
PLANCHA COMPACTADORA	HM	1.00	0.013	S/ 90.00	S/ 1.21
ALISADORA SIMPLE	HM	3.00	0.040	S/ 200.00	S/ 8.07
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.000	S/ 2.84	S/ 0.14
					<b>9.42</b>
				<b>COSTO UNITARIO POR M<sup>2</sup>:</b>	<b>S/ 25.91</b>

Fuente: Diamond Grid Latin America- Perú.

### Interpretación:

De acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior, se determinó que el precio de ejecución de la capa de rodadura del pavimento adoquinado con sistema Diamond Grid (e= 0.04 m) es de S/. 25.91 nuevos soles con un rendimiento de instalación de 595 m<sup>2</sup> por día. Dicha información fue compartida por la empresa Diamond Grid Latin America, ubicada en Lima- Perú.

Según los montos detallados en las dos tablas anteriores, se determinó que el suministro e instalación del Diamond Grid rellena con concreto y ejecutado in situ, por m<sup>2</sup> fue de **S/ 81.47** nuevos soles.

**Costos de suministro e instalación de la carpeta de rodadura conformado por adoquín tipo I (uso peatonal) y tipo III (tránsito pesado).**

**Tabla 74.**

*Costo de suministro e instalación de cama de arena de e=0.05 cm*

PARTIDA:		SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAMA DE ARENA DE E= 0.05 CM.			
<b>RENDIMIENTO:</b>	200.00	m <sup>2</sup> /Día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0.10	0.004	S/25.82	S/ 0.10328
OPERARIO	HH	1.00	0.004	S/19.86	S/ 0.07944
OFICIAL	HH	-	-	S/ 16.31	S/ 0
PEÓN	HH	2.00	0.080	S/ 14.66	S/ 1.1728
					<b>S/1.36</b>
<b>MATERIALES</b>					
AGUA	M <sup>3</sup>		0.035	S/ 8.50	S/ 0.30
ARENA FINA	M <sup>3</sup>		0.050	S/ 45.00	S/ 2.25
					<b>S/ 0.30</b>
<b>EQUIPOS</b>					
PLANCHA COMPACTADORA	HM	1.00	0.040	S/26.16	S/ 1.05
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.000	S/ 1.36	S/ 0.04
					<b>S/ 1.09</b>
				<b>COSTO UNITARIO POR M<sup>2</sup>:</b>	<b>s/2.74</b>

Fuente: Diamond Grid Latin America- Perú.

### Interpretación:

De acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior, se determinó que el precio de suministro e instalación de cama de arena de  $e=0.05$  cm es de **S/. 2.74** nuevos soles con un rendimiento de instalación de 200 m<sup>2</sup> por día. Dicha información fue compartida por la empresa Diamond Grid Latin America, ubicada en Lima- Perú.

### Costos de ejecución de capa de rodadura para pavimento adoquinado con adoquín tipo I ( $e=0.04$ m).

#### Tabla 75.

Costo de ejecución de capa de rodadura para pavimento adoquinado con adoquín tipo I ( $e=0.04$  m).

EJECUCIÓN DE CAPA DE RODADURA PARA PAVIMENTO ADOQUINADO CON ADOQUÍN TIPO I ( $e=0.04$ m)					
PARTIDA:					
RENDIMIENTO:	90.00	M <sup>2</sup> /Día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0.10	0.008	S/ 25.82	S/ 0.21
OPERARIO	HH	1.00	0.080	S/ 19.86	S/ 1.59
OFICIAL	HH	1.00	0.080	S/ 16.31	S/ 1.30
PEÓN	HH	2.00	0.240	S/ 14.66	S/ 3.52
					<b>S/ 6.62</b>
<b>MATERIALES</b>					
ADOQUIN DE CONCRETO DE USO PEATONAL RECTANGULAR (E=4.00CM)	UND		50.000	S/ 0.90	S/ 45.00
					<b>S/ 45.00</b>
<b>EQUIPOS</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.000	S/ 6.62	S/ 0.33
					<b>0.33</b>
				<b>COSTO UNITARIO POR M<sup>2</sup>:</b>	<b>S/ 51.95</b>

Fuente: Diamond grid Latin America- Perú.



### Interpretación:

De acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior, se determinó que el precio de ejecución de capa de rodadura para el pavimento adoquinado con adoquín tipo I (e=0.04 m) es de S/. 51.95 nuevos soles y adicionando el costo de suministro e instalación de cama de arena de e=0.05 cm, el costo total por m<sup>2</sup> es de **S/. 54.69** nuevos soles del con un rendimiento de instalación de 90 m<sup>2</sup> por día. Dicha información fue compartida por la empresa Diamond Grid Latin America, ubicada en Lima- Perú.

### Costos de ejecución de capa de rodadura para pavimento adoquinado con adoquín tipo III (e=0.08 m).

#### Tabla 76.

*Costo de ejecución de capa de rodadura para pavimento adoquinado con adoquín tipo III (e=0.08 m).*

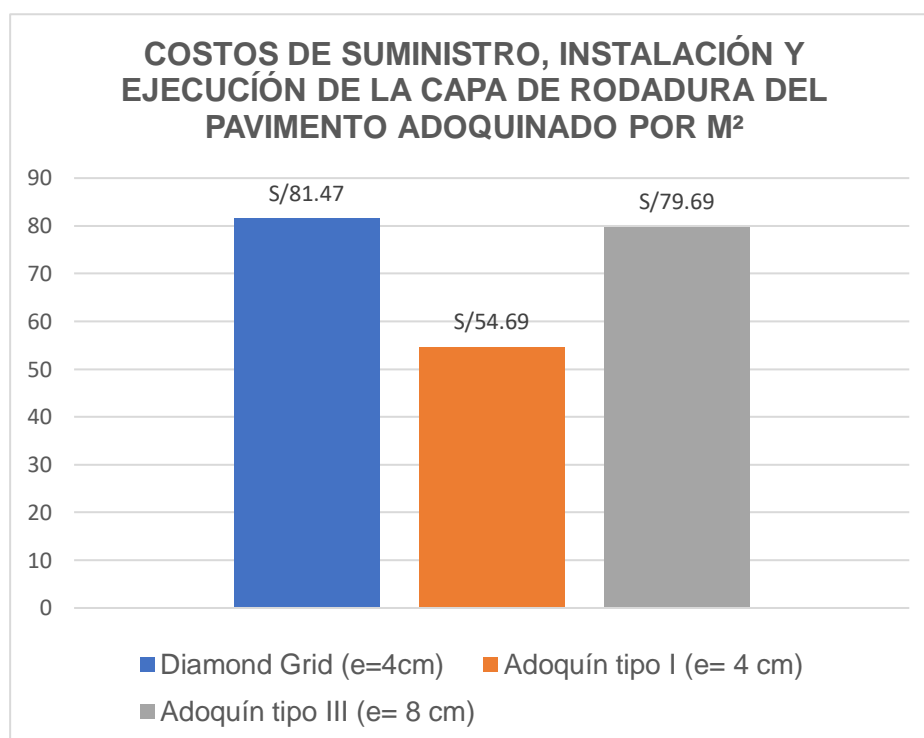
PARTIDA: EJECUCIÓN DE CAPA DE RODADURA PARA PAVIMENTO ADOQUINADO CON ADOQUÍN TIPO III (e=0.08 m)					
RENDIMIENTO:	100.00	M <sup>2</sup> /Día			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	0.10	0.008	S/ 25.82	S/ 0.21
OPERARIO	HH	1.00	0.080	S/ 19.86	S/ 1.59
OFICIAL	HH	1.00	0.080	S/ 16.31	S/ 1.30
PEÓN	HH	2.00	0.240	S/ 14.66	S/ 3.52
					<b>S/ 6.62</b>
<b>MATERIALES</b>					
ADOQUIN DE CONCRETO DE ALTO TRÁNSITO RECTANGULAR (E=8.00CM)	UND		50.000	S/ 1.40	S/ 70.00
					<b>S/ 70.00</b>
<b>EQUIPOS</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.000	S/ 6.62	S/ 0.33
					<b>0.33</b>
				COSTO UNITARIO POR M <sup>2</sup> :	<b>S/ 76.95</b>

Fuente: Diamond grid Latin America- Perú.

### Interpretación:

De acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior, se determinó que el precio de ejecución de capa de rodadura para pavimento adoquinado con adoquín tipo III ( $e=0.08$  m). es de S/. 76.95 nuevos soles y adicionando el costo de suministro e instalación de cama de arena de  $e=0.05$  cm, el costo total por  $m^2$  es de **S/. 79.69** nuevos soles del con un rendimiento de instalación de  $100 m^2$  por día. Dicha información fue compartida por la empresa Diamond Grid Latin America, ubicada en Lima- Perú.

### Comparación de costos de suministro, instalación y ejecución de la capa de rodadura del pavimento adoquinado.

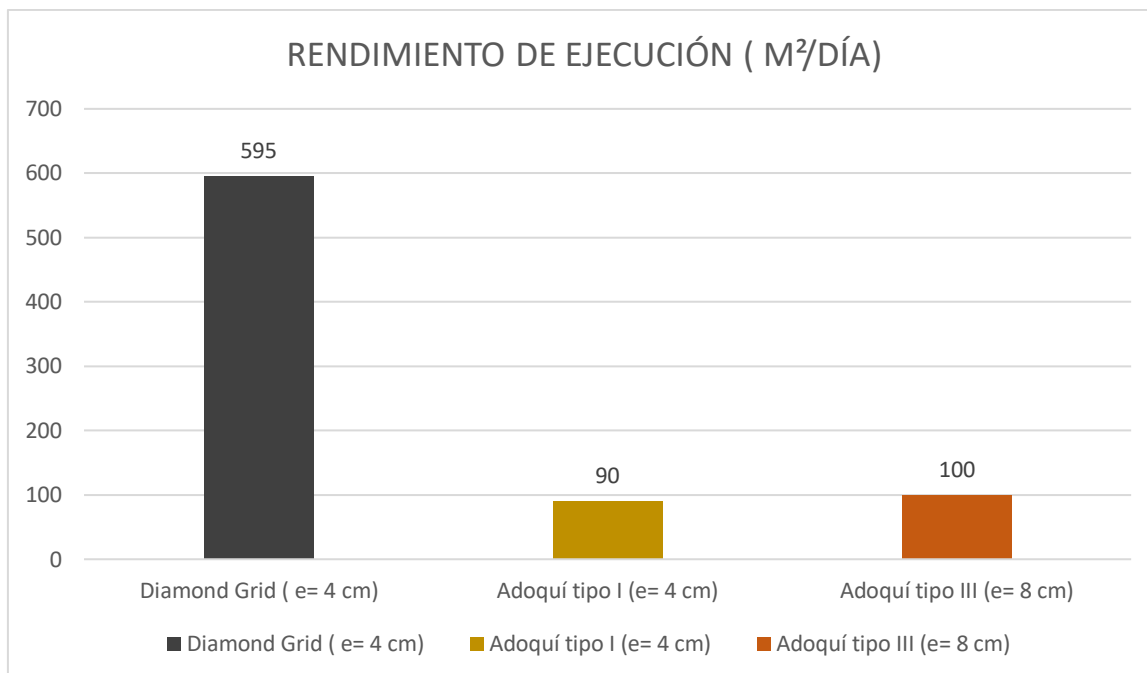


**Figura 57.** Comparación de costos de suministro, instalación y ejecución de la capa de rodadura del pavimento adoquinado. (Elaboración propia).

### Interpretación:

Según el gráfico anterior, se demostró que el costo total de suministro, instalación y ejecución de la capa de rodadura del pavimento adoquinado más elevado es del Diamond Grid con una diferencia de S/ 1.78 soles con el costo total del adoquín tipo III, y de S/ 26.78 soles con el adoquín tipo I.

## Comparación de rendimiento de ejecución por m<sup>2</sup>/día de la capa de rodadura del pavimento adoquinado.



**Figura 58.** Comparación de rendimiento de ejecución por m<sup>2</sup>/día de la capa de rodadura del pavimento adoquinado. (Elaboración propia).

### Interpretación:

Con el gráfico anterior, se demostró que el de rendimiento de ejecución por m<sup>2</sup>/día más favorable fue aplicando la geocelda Diamond Grid como capa de rodadura del pavimento adoquinado, con un total de 595 m<sup>2</sup>/día.

Por otro lado, con el fin de dar a conocer otras ventajas de las ya mencionadas sobre el rendimiento y costos de suministro, instalación y ejecución de la aplicación del Diamond Grid rellena con concreto como carpeta de rodadura, se realizó un cuadro comparativo con información sobre tipo, frecuencia y costo de mantenimiento que requiere el pavimento adoquinado y el pavimento con geocelda Diamond Grid rellena con concreto.

**Tabla 77.***Comparación de frecuencia y tipos de mantenimiento en los pavimentos.*

Tipo de mantenimiento	Actividades	Frecuencia	
		Pavimento adoquinado	Pavimento con geocelda Diamond Grid
<b>Mantenimiento rutinario</b>	Limpieza o barrido superficial	2 a 4 veces por mes	2 veces por mes
	Rellenado de sello de arena	Cada 6 meses	No aplica
	Corte de grass, limpieza de cunetas y drenes.	Cada 6 meses	Cada año
	Mantenimiento de las señalizaciones.	Cada 6 meses	Cada 6 meses
<b>Mantenimiento recurrente</b>	Sellado de grietas, reparacion de bordes y baches.	Cada 6 meses	Cada año
<b>Mantenimiento periódico</b>	Pintado de las lineas blancas y amarillas	Cada 3 años	Cada 4 años
	Reconstrucción de bermas y sellado de toda la superficie	Cada 2 años	Cada 2 años
<b>Mantenimiento urgente</b>	Eliminacion de desmontes o bloqueos de vía, colocación de señáleticas de peligro.	Cuando se lo requiera.	Cuando se lo requiera.

Fuente: Norma CE-010 Pavimentos urbanos y Ruis y Rodriguez, 2016.



**Figura 59.** Costos de mantenimiento por km. (Elaboración propia en base a experiencia de instalación del Diamond Grid).

**Interpretación:**

De acuerdo a la tabla anterior, existe una diferencia aproximada del 40% en cuanto a los mantenimiento de ambos pavimentos, siendo el más económico el pavimento con geocelda Diamond Grid.

## **V. DISCUSIÓN**

Según Sánchez, Reyes y Mejía (2018), menciona que la discusión de resultados es la parte final de una investigación el cual tiene por finalidad interpretar, explicar y evaluar los resultados contrastando con información conceptual teórica y metodológica, en ella, el investigador es libre de criticarse o no a sí mismo.

Tomando como referencia lo mencionado en el párrafo anterior, en este capítulo se analizarán, evaluarán, interpretarán y compararán los resultados obtenidos con los resultados e información conceptual y metodológica de otras investigaciones.

En primer lugar, en esta investigación, haciendo referencia al objetivo general, al determinar la influencia de la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la carpeta de rodadura del diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial se pudo encontrar que al incorporar la geocelda Diamond Grid como capa de rodadura tiene mucha influencia en el pavimento, puesto que posee una mejor resistencia a la compresión de 702.5 kg/cm<sup>2</sup>.

Frente a lo mencionado se acepta la hipótesis de investigación.

Dichos resultados fueron comprobados por Lázaro y Telles (2018), en la tesis titulada “Influencia del sistema Diamond Grid en el mejoramiento de la resistencia a la compresión en un pavimento en la ciudad de Trujillo 2018” quienes señalaron que la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con afirmado mejora hasta 2603.18% (celda compuesta), hasta 494.06% (celda individual) y en 248.97% (celda en bordes).

Similares resultados fueron comprobados por Meza (2018), en su tesis titulada “Propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el centro comercial tambo plaza, Lurín - 2017” en la cual menciona que la incorporación de plástico reciclado mejora las propiedades de los adoquines en un 9.465%, cabe señalar que lo obtenido por meza, hace mención a la intervención del plástico como fuente para la mejora del adoquín, mientras tanto en esta investigación, al usar la geocelda Diamond Grid, la cual está compuesta por plástico polipropileno, también existe mejoras.

En tal sentido, según lo mencionado anteriormente y al evaluar los resultados se confirmó que la incorporación de la geocelda Diamond Grid influye

considerablemente en la capa de rodadura de un pavimento con paquete estructural adoquinado.

Continuando con la discusión de resultados, haciendo referencia al objetivo específico 1 “OE1”, el cual es determinar el diseño del paquete estructural de un pavimento adoquinado al incorporar la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la avenida Industrial, Lurín 2021, se determinó que para determinar los espesores de las capas que conformen al pavimento, primeramente se tuvo que conocer el tipo de suelo que posee la avenida Industrial, para lo cual, se realizó los ensayos de laboratorios de análisis granulométrico, clasificación de suelos, contenido de humedad, CBR y Proctor modificado, con los cuales se logró conocer que el tipo de suelo está conformado por arena limosa y mal graduada, que no poseen plasticidad, con un óptimo contenido de humedad de 9 % y máxima densidad seca de 1.916 gr/cm<sup>3</sup> y con un CBR al 95% MDS de 31.0.

Con dichos resultados, más el estudio de tráfico ya realizado, y aplicando la metodología ASSHTO 93, se determinó que la capa de rodadura es de 13 cm (adoquín de 8cm y cama de arena de 5 cm), la base de 25 cm y subbase de 30 cm.

Dichos resultados son contrastados por Vega perrigo (2018), en su tesis titulada “Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (km 1+000 a 2+000)” el cual menciona que el tipo de suelo a emplear para el diseño de la capa estructural fue arena arcillosa, con un óptimo contenido de humedad de 8.1% y máxima densidad seca de 1.95 gr/cm<sup>3</sup> y un CBR al 100% MDS de 29%, Luego determinó un espesor de base de 7.50 pulgadas, subbase de 20 cm y subrasante de 30 cm, gracias al estudio de tráfico ya realizado.

También estos resultados fueron contrastados por Avila sota (2019), en su tesis titulada “Diseño del pavimento con adoquines rectangulares de concreto para la renovación vial en la provincia de Huaral”, en la cual menciona que el tipo de suelo encontrado fue grava pobremente graduada con un óptimo contenido de humedad de 6.1% y máxima densidad seca de 2.3 gr/cm<sup>3</sup> y un CBR al 95% MDS de 32.4%, Luego aplicando los valores del estudio de tráfico, determinó un espesor de capa de rodadura conformada por adoquín de 8 cm y una cama de arena de 4 cm, y un espesor de base granular de 15 cm.



En ese contexto, la hipótesis es aceptada, puesto que las dos tesis hacen referencia y pone en conocimiento que es importante analizar el tipo de suelo con el que se está realizando los estudios, dichos resultados son similares a los obtenidos en la presente tesis.

Continuando con la discusión de resultados, haciendo referencia al objetivo específico 2 "OE2", el cual es determinar la influencia del estudio del tráfico en el diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial Lurín 20201, se pudo encontrar que a la semana transitan en la avenida Industrial un promedio de 2,642.9 vehículos de los cuales el 16.41% son autos particulares y el 15.55% son camiones de dos ejes, debido a ello y realizando los cálculos necesarios, se determinó un ESAL de 37,712,582.01.

A partir del ESAL calculado, se determinó, haciendo uso del manual de carreteras, se determinó un  $tp_{15}$  y haciendo uso de la fórmula de AASHTO 93 y reemplazando todos los valores, se procedió al cálculo del paquete estructural.

Frente a lo mencionado se acepta la hipótesis de investigación, donde refiere que el estudio de tráfico influye en el diseño, puesto que es fundamental para el cálculo de espesores.

Dichos resultados son contrastados por Vega perrigo (2018), en su tesis titulada "Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (km 1+000 a 2+000)" el cual menciona que el estudio de tránsito es fundamental para el cálculo de espesores del pavimento flexible estudiada en su tesis, en donde obtuvo un ESAL de 12 millones de ejes equivalentes y utilizó la metodología ASSHTO 93 para el cálculo de los espesores de las capas que conforman el pavimento flexible.

También estos resultados fueron contrastados por Avila sota (2019), en su tesis titulada "Diseño del pavimento con adoquines rectangulares de concreto para la renovación vial en la provincia de Huaral", en la cual menciona que con el estudio de tráfico realizado se obtuvo un ESAL de 728,165.01 EEs, y utilizó la metodología ASSHTO 93 para el cálculo de los espesores de las capas que conforman el pavimento flexible.

En tal sentido, según lo mencionado anteriormente y al evaluar los resultados se confirmó que el estudio de tráfico influye considerablemente en el diseño de un pavimento adoquinado.

Continuando con la discusión de resultados, haciendo referencia al objetivo específico 3 “OE3” el cual es determinar y comparar la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto con el adoquín tipo I y tipo III de concreto, se determinó que la resistencia a la compresión promedio estudiadas a los 3, 7 y 28 días a las 9 muestras de geocelda Diamond Grid rellena con concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup> fue de 702.5 kg/cm<sup>2</sup>, y de las 9 muestras de adoquín tipo I fue de 348.4 kg/cm<sup>2</sup> y de las 9 muestras de adoquín tipo III fue de 603.3 kg/cm<sup>2</sup>.

Frente a lo mencionado se acepta la hipótesis de investigación, donde refiere que la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto es mucho más superior a las de un adoquín tipo I y tipo III.

Dichos resultados son contrastados por Lázaro y Telles (2018), en la tesis titulada “Influencia del sistema Diamond Grid en el mejoramiento de la resistencia a la compresión en un pavimento en la ciudad de Trujillo 2018”, en la cual determinó que la resistencia a la compresión máxima de la celda individual (6 x 6 x 4 cm) con relleno de afirmado es de 73.61 kg/cm<sup>2</sup>, de la celda compuesta con relleno es de 349.828 kg/cm<sup>2</sup> y de la celda sin borde (en x) es de 35.07 kg/cm<sup>2</sup>.

Similares resultados fueron comprobados por Meza (2018), en su tesis titulada “Propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el centro comercial tambo plaza, Lurín - 2017” en la cual menciona que la resistencia a la compresión del adoquín con 3% de plástico reciclado es de 326.2% kg/m<sup>2</sup>, con 5% de plástico reciclado es de 323.7 kg/cm<sup>2</sup> y con 8 % de plástico reciclado es de 311.4 kg/cm<sup>2</sup>.

En tal sentido, según los resultados obtenidos, analizados y comparados, en las tesis mencionadas, la presencia del plástico influye mucho en la resistencia a la compresión, superando valores nominales por la NTP 399.611.

Continuando con la discusión de resultados, haciendo referencia al objetivo específico 4 que es cuantificar y comparar el rendimiento y costos de suministro, instalación y ejecución de la capa de rodadura con geocelda Diamond Grid rellena

con concreto en la avenida Industrial, Lurín 2021, se determinó que el costo de suministro e instalación de Diamond Grid fue de S/. 81.47 nuevos soles, del adoquín tipo I fue de S/. 54.69 y del adoquín tipo III fue de S/. 79.69 nuevos soles; y el tiempo de rendimiento de ejecución más favorable fue empleado como capa de rodadura a la geocelda Diamond Grid, debido a que su rendimiento de ejecución fue mayor que de los adoquines.

Dichos resultados son contrastados por Lázaro y Telles (2018), en la tesis titulada “Influencia del sistema Diamond Grid en el mejoramiento de la resistencia a la compresión en un pavimento en la ciudad de Trujillo 2018”, en la cual determinó que el costo total del empleo de la geocelda Diamond Grid relleno de afirmado fue de 132.32 por m<sup>2</sup> y con un rendimiento de ejecución de 1000 m<sup>2</sup>/día.

También estos resultados fueron contrastados por Avila sota (2019), en su tesis titulada “Diseño del pavimento con adoquines rectangulares de concreto para la renovación vial en la provincia de Huaral”, en la cual menciona que al emplear el adoquín tipo III generaría un gasto total de S/.99.21 soles, y con un rendimiento de ejecución igual a la presente tesis, la cual fue de 100 m<sup>2</sup> por día.

En tal sentido, se aprecia en las dos tesis que los costos empleando el Diamond Grid son más elevados a comparación del adoquín, pero en cuanto al rendimiento, es más favorable.

## **VI. CONCLUSIONES**

Las conclusiones de esta investigación están relacionadas y tienen concordancia con el objetivo general y los objetivos específicos; con los instrumentos utilizados y con las hipótesis planteadas.

A continuación, se describen las siguientes conclusiones:

**1.-** En relación al objetivo general “OG”, se determinó que la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto influye considerablemente en la carpeta de rodadura del diseño de un pavimento, debido a que genera una mayor resistencia a la compresión, aún con un espesor reducido, y un alto rendimiento por m<sup>2</sup> al día.

**2.-** En relación al objetivo específico 1 “OE1”, se concluyó que el pavimento adoquinado con geocelda Diamond Grid está compuesto por una capa de rodadura a base de geocelda Diamond Grid de 4 cm de espesor y rellena con concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>, una base granular de 25 cm de espesor y una subbase de 30 cm de espesor.

**3.-** En relación al objetivo específico 2 “OE2”, se logró determinar que el estudio de tráfico influye considerablemente, debido que la avenida Industrial es transitada semanalmente por un promedio de 2,642.9 vehículos, por ello la cantidad de ejes equivalentes resulto de 37,712,582.01.

**4.-** En relación al objetivo específico 3 “OE3”, se determinó que existe una gran diferencia en los resultados obtenidos del ensayo a la compresión de los especímenes estudiados; la resistencia a la compresión a los 28 días del espécimen Diamond Grid rellena con concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>, fue de 702.5 kg/cm<sup>2</sup>, la del adoquín tipo I de, fue de 348.4 kg/cm<sup>2</sup> y la del adoquín tipo III fue de 603.3 kg/cm<sup>2</sup>, dichos resultados superan a la resistencia especificada por normativa.

**5.-** En relación al objetivo específico 4 “OE4”, se determinó que al emplear la geocelda Diamond Grid rellena con concreto 280 kg/cm<sup>2</sup> como capa de rodadura genera un costo total de suministro, instalación y ejecución de S/. 81.47 el cual resulta desfavorable a comparación del empleo de adoquines, sin embargo, en cuanto al rendimiento de ejecución resulta más favorable debido a que por día se ejecuta 595 m<sup>2</sup>, además existe una diferencia de costos del 40% en cuanto a los mantenimientos, siendo el más económico el pavimento con Diamond Grid.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones para esta investigación son las siguientes:

Se recomienda a los ingenieros y personas dedicadas a los proyectos de pavimentación que, por cuestión de resistencia a la compresión, alto rendimiento de ejecución, espesor de capa de rodadura reducido y costos operativos y de mantenimientos bajos, se utilice a la geocelda Diamond Grid rellena con concreto 280 kg/cm<sup>2</sup> en futuros proyectos de pavimentación.

Se recomienda a los profesionales que para la instalación del pavimento adoquinado compuesto por la geocelda Diamond Grid rellena con concreto, respeten los espesores resultantes en esta investigación, para así asegurar un pavimento de calidad y con buen desempeño mecánico.

Se recomienda a los profesionales y técnicos, que para el estudio de tráfico se tenga en consideración realizarlo en las “horas puntas”, para así determinar un correcto cálculo de ejes equivalentes.

Se recomienda a los profesionales y técnicos de laboratorio que, para conseguir la resistencia a la compresión especificada por normativa, se realice un buen estudio de las características físicas de los agregados y así ser más exactos al momento de realizar el diseño de mezcla de los especímenes. A sí mismo, se recomienda realizar todos los ensayos que influyen en el desempeño de un pavimento, a la geocelda Diamond Grid rellena con concreto, para asegurar la trabajabilidad, durabilidad y eficacia del pavimento.

Se recomienda a los profesionales que desarrollan proyectos de pavimentación, realizar un presupuesto bien detallado y completo, al ejecutar un proyecto de pavimentación con la geocelda Diamond Grid rellena con concreto y así poder contar con un presupuesto base y que sirva de ayuda para todos.

## **REFERENCIAS**



Gutiérrez, A. (28 de julio de 2020). Estado de las carreteras: *Dirección general de tráfico*. Recuperado de <http://revista.dgt.es/esf/noticias/nacional/2020/07JULIO/0728estado-de-las-carreteras.shtml#.X709u2hKgdV>.

Órgano de planeamiento estratégico: Plan operativo nacional 2020. (noviembre, 2019). *Provias nacional, Ministerio de transporte y comunicaciones*. Recuperado de <https://www.pvn.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/poi-2020-2020-01-20-aprobado-de.pdf>

Suspes, A., Carpio, F. y Maldonado, H. (2018). Tramo de Prueba con Estructura Convencional y la Implementación de Geoceldas en la CL 128A entre T V 60 y A K 72 Bogotá (Tesis de Grado). Recuperada de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22415>.

Mamatha, K y Dinesh, S. (02 de julio de 2017). Performance evaluation of geocell-reinforced pavements, *International Journal of Geotechnical Engineering*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1080/19386362.2017.1343988>.

Urresta, Y (2015). Análisis de alternativas de diseño con geoceldas, en estructuras de pavimento, estudio de caso carrera 12, Funza – Cundinamarca (Tesis de grado). Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13150>.

Cuartas, C (2015). Optimización y refuerzo de estructuras de pavimento flexible mediante geoceldas (Tesis de grado). Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13740>.

Marín, C., Halles, F. y Retamal, T. (2015). Geoceldas tipo “bubble lock” para pavimentos portuarios: primera experiencia en Chile (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://congresodevialidad.org.ar/congreso2016/TRA/TRA-114.pdf>.

Aguilar, D. (2016). Comparación técnica entre el uso de gaviones y geoceldas como estructuras de defensa ribereña (Tesis de pregrado). Recuperada de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6935>.

Núñez, A. (2016). Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geosintéticos (Tesis de pregrado). Recuperada de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2056>.

Chávez, H. y Fernández, D. (2019). Mejora de la productividad en la instalación de un pavimento de capa de rodadura compuesta por geocelda y grava con el uso de suelo-cemento y herramientas de gestión ubicada en la selva peruana (Tesis de pregrado). Recuperada de

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625434>.

Sicha, G. (2018). Diseño con geosintéticos para la función de separación, filtración y refuerzo en pavimentos flexibles (Tesis de pregrado). Recuperada de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/11730>.

Lázaro, M. y Telles, L. (2018). Influencia del sistema diamond Grid en el mejoramiento de la resistencia a la compresión en un pavimento en la ciudad de Trujillo 2018 (Tesis de pregrado). Recuperada de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22193>.

Santisteban, E. (2019). Evaluación de la estructura de pavimento flexible con la aplicación de geoceldas en Huaura – Huaura – Lima, 2019 (Tesis de pregrado). Recuperada de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45690>.

Meza, Y. (2017). Propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el centro comercial tambo plaza, Lurín – 2017 ( Tesis de pregrado). Recuperada de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26903>.

Rondón, H. y Reyes, F. (2015). *Pavimentos. Materiales y construcción*. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).

Mora, M. y Mendoza, C. (2016). Análisis de la estructura de un pavimento flexible desvío la Lorena ubicado a la altura del km 56 vía estatal e48 (Guayaquil – Daule - Balzar); tramo comprendido desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 2+400 ( Trabajo de titulación). Recuperada de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15405>.

Manual de carreteras: Diseño geométrico. (octubre del 2014). *Ministerio de transportes y comunicaciones*. Recuperado de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3580.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf).

Guía de instalación de adoquines de concreto.(octubre, 2014). *Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala*. Recuperado de <https://www.iccg.org.gt/index.php/biblioteca>.

Norma técnica peruana 399.611. (marzo del 2019).*Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos*. Recuperada de <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/corrigendastecnicas/files/corrigendas/NTP%20399.611%20CT%201.pdf>.

Aysabucha, K. (2020). Diseño de adoquines con mezclas asfálticas en caliente utilizando agregados reciclados y no reciclados. ( Trabajo de titulación). Recuperada de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30640>.

Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción. (junio del 2013). *Ministerio de transportes y comunicaciones*. Recuperado de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4955.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf).

Norma técnica de edificación CE.010 pavimentos urbanos. (enero del 2010). *Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento*. [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma\\_010\\_%20pavimentos\\_urbanos.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_010_%20pavimentos_urbanos.pdf)

Martin, L. (2017). Evaluación del desempeño estructural de un sistema de Confinamiento celular como alternativa de mejoramiento de suelos. (Tesis de grado). Recuperada de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/40201>.

Portal PRS Geo–Technologies (2018). Sistema de confinamiento celular. Recuperado de <https://www.prs-med.com/es/geoceldas/sistema-de-confinamiento-celular/>.

Mattos, J y Vásquez, D. (2019). Mejora de la subrasante de suelo arcilloso aplicando el sistema de confinamiento celular para reducir las capas del pavimento. ( Tesis de pregrado). Recuperada de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2596>.

Guamán, M. (2017). Determinación de perfiles de temperatura para el proceso de extrusión de polipropileno virgen y polipropileno reciclado en el laboratorio de procesos industriales de la Facultad de Ciencias. ( Trabajo de titulación). Recuperada de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6942>.

Diamond Grid: soluciones en pavimento reforzado para el sector minero. ( agosto del 2020). Noticias de la revista Tecnología minera. Recuperada e <https://tecnologiaminera.com/actualidad/sistema-diamond-grid-implementacion-de-losas-adoquinadas-optimizadas-in-situ-en-sectores-portuarios-1601440849>.

Moreira, M., Bermeo, C. y Plaza, P. (2019). *Metodología de la investigación* Recuperada de <http://colloquium-biblioteca.com/index.php/web/article/view/26>.

Sánchez, H., Reyes, C. y Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Recuperado de: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1480>.

Sampiere, R., Fernández, C. y Baptista, P. *Metodología de la investigación científica, sexta edición*. Recuperado de: [https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf).

Avila, M. (2019). Diseño del pavimento con adoquines rectangulares de concreto para la renovación vial en la provincia de Huaral (Trabajo de titulación). Recuperada de <https://hdl.handle.net/20.500.12848/1379>.

American Association of State Highway, y Transportation Officials. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Recuperada de <https://pdfslide.net/documents/guia-aashto-93-version-en-espanol.html>.

PRS Professional Reinforcement Solutions. (2014). *Evolución de Geoceldas*. Recuperada de <http://www.prs-med.com/about-prs/evolution-of-geocells>.

Diamond Grid (2020). *Especificaciones técnicas del sistema Diamond Grid*. Recuperada de <https://diamondgrid.squarespace.com/grid-specifications/#datasheet>.

Diamond Grid (2020). *Aplicaciones de Diamond Grid en civil*. Recuperada de <https://diamondgrid.squarespace.com/civil>.

Vega, D. (2018). Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (km 1+000 a 2+000). (Trabajo de titulación). Recuperada de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12088>.

INDECOPI. (2002). *Ensayo a la resistencia a la compresión, Norma Técnica Peruana NTP 399.604 2002*. Recuperada de [https://kupdf.net/download/norma-tecnica-peruana-ntp-399604-2002\\_59efca8908bbc537369d180e\\_pdf](https://kupdf.net/download/norma-tecnica-peruana-ntp-399604-2002_59efca8908bbc537369d180e_pdf).

MTC E 107 (2016), *Análisis granulométrico por tamizado, manual de ensayo de materiales*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).

MTC E 115 (2016), *Compactación de suelo mediante el ensayo Proctor modificado, manual de ensayo de materiales*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).

MTC E 108 (2016), *Determinación del contenido de humedad, manual de ensayo de materiales*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).

MTC E 132 (2016), *CBR del suelo, manual de ensayo de materiales*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).

MTC E 111 (2016), *Determinación del límite líquido, manual de ensayo de materiales*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf).

## **ANEXOS**

**ANEXO 1.- Matriz de operacionalización de variables**

<b>VARIABLES DE ESTUDIO</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA</b>
Diseño de un pavimento adoquinado	“ El pavimento articulado es una estructura formada por una capa de bloques de concreto premoldeados, cuyas dimensiones relativamente reducidas permiten el manipuleo y su colocación manual en forma sencilla” (Navas y Rincon, 2020, p. 38).	“Posee una capa de hormigón que se caracteriza por ser muy resistente y flexible[...] puede ser utilizado durante largos períodos de tiempo ya que resulta muy resistente ante el desgaste y el agua” (Gonzales y Cardona, 2018, p. 39).	Estructura del pavimento con Diamond Grid	Estudio de mecánica de suelos	Ordinal
				Estudio de CBR y Proctor Modificado.	
				Estudio de tráfico	
			Costos operativos	Suministro.	
				Instalación.	
				Rendimiento de ejecución.	
Geocelda Diamond Grid rellena con concreto	“Diamond Grid es un sistema de rejillas entrelazables con un sistema de drenaje multicapa que reduce la erosión y elimina el compactado de la subestructura” (Diamond Grid Australia Pty Ltd Brisbane, QLD).	“Su función es reforzar el terreno, fortalecer el suelo y reforzar la carpeta de rodadura o losa en sus diferentes aplicaciones” (Diamond Grid Latin América).	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la compresión.	Ordinal
			Propiedades Físicas	Dimensión	
				Forma	
				Peso	

Fuente: Elaboración Propia.

## ANEXO 2.- Matriz de Consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	ÍNDICADORES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cómo influye la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la carpeta de rodadura del diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín 2021?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar la influencia de la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la carpeta de rodadura del diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín 2021.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto influye considerablemente en la carpeta de rodadura del diseño de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín 2021.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Geocelda Diamond Grid rellena con concreto.</p>	<p>Propiedades Mecánicas</p>	<p>Resistencia a la compresión.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Aplicada.</p>	<p>Observación.</p>	<p>Equipos para ensayos en laboratorio.</p>
<p><b>Problemas Específicas:</b></p> <p>¿Cómo será el diseño del paquete estructural de un pavimento adoquinado al incorporar la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la avenida industrial, Lurín 2021?</p>	<p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Determinar el diseño del paquete estructural de un pavimento adoquinado al incorporar la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la avenida industrial, Lurín 2021.</p>	<p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p>El diseño del paquete estructural de un pavimento adoquinado al incorporar la geocelda Diamond Grid rellena con concreto, será viable y con un espesor reducido en la carpeta de rodadura.</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Diseño de un pavimento adoquinado.</p>	<p>Propiedades Físicas</p>	<p>Dimensión. Forma Peso.</p>	<p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>Cuantitativo.</p>		<p>Excel</p>
<p>¿Cómo influye el estudio de tráfico en el proceso del diseño estructural de un pavimento adoquinado en la Avenida Industrial, Lurín, 2021?</p>	<p>Determinar la influencia del estudio de tráfico en el proceso del diseño estructural de un pavimento adoquinado en la Avenida Industrial, Lurín 2021.</p>	<p>El estudio del tráfico interviene significativamente el proceso del diseño estructural de un pavimento adoquinado en la Avenida Industrial, Lurín, 2021.</p>			<p>Estudio de mecánica de suelos.</p>	<p><b>Metodología de la Investigación:</b></p> <p>Científica.</p>		<p>Excel</p>
<p>¿Cuál será la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto y la resistencia, de los adoquines de tipo I y de tipo III de concreto?</p>	<p>Determinar y comparar la resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto con el adoquín tipo I y tipo III de concreto.</p>	<p>La resistencia a la compresión de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto es superior a la resistencia de los adoquines de tipo I y de tipo III de concreto.</p>		<p>Estructura del pavimento con Diamond Grid.</p>	<p>Estudio de CBR y Proctor Modificado. Estudio de tráfico</p>	<p><b>Diseño de la Investigación:</b></p> <p>Cuasi Experimental.</p>	<p><b>Universo:</b></p> <p>Todas las avenidas que conectan a la zona industrial de Lurín.</p>	<p>Equipos para ensayos en laboratorio.</p>
<p>¿Cómo influye la incorporación de la geocelda Diamond Grid rellena con concreto en el rendimiento y costos de suministro, instalación y ejecución de la carpeta de rodadura un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín, 2021?</p>	<p>Cuantificar y comparar el rendimiento y costos de suministro, instalación y ejecución de la capa de rodadura con geocelda Diamond Grid rellena con concreto en la avenida Industrial, Lurín 2021.</p>	<p>El rendimiento y costos de suministro, instalación y ejecución de la capa de rodadura con geocelda Diamond Grid rellena con concreto es alto en el diseño de la carpeta de rodadura de un pavimento adoquinado en la avenida Industrial, Lurín 2021.</p>		<p>Costos operativos</p>	<p>Instalación. Suministro. Rendimiento.</p>	<p><b>Muestra:</b></p> <p>Toda la avenida industrial que está conformada aproximadamente por 3 km de carretera</p>		

Fuente: Elaboración Propia.



## **RESULTADOS DE LABORATORIO**

## Anexo 6. Estudio de mecánica de suelos muestra C-1.



INFORME N°:	<b>OE21-326-01-EN</b>
Fecha de Emisión:	1/06/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: David Alva Berceña Solicitante: Sr. David Alva Berceña Proyecto: Diseño de un Pavimento Adosquinado Incorporando Geotextil Diamond Grid en la carpeta de Rodadura en la Avenida Industrial, Lurin 2021 Ubicación: Lurin - Lima	Tipo: MAB Material: Suelo Procedencia: Calicata Fecha de recepción: 19/05/2021 Presentación: Seca Muestra recibida: 207.2 Kg	Identificación: C-1 Profundidad: 1.50 - 1.70 m Progresiva: - Coordenadas: - Elevación: - Ubicación de Muestreo: Calicata Muestreado por: El Cliente Fecha de Muestreo: 19/05/2021

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Fecha de Ensayo:	20/05/2021	Norma utilizada:	NTP 320.128-1998 (2019)
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>			
Tamiz	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"			100.00
2"			99.67
1 1/2"			99.16
1"	0.33	0.33	99.67
3/4"	0.51	0.84	99.16
3/8"	1.04	1.88	98.12
N° 4	1.74	3.62	96.38
N° 10	3.60	7.22	92.78
N° 20	6.05	13.27	86.73
N° 40	6.19	19.46	80.54
N° 60	15.51	34.97	65.03
N° 140	43.80	78.77	21.23
N° 200	5.44	84.01	15.99
FONDO			

Descripción de las partículas: Color Marrón, subangulares, Duras

Fecha de Ensayo:	27/05/2021	Norma utilizada:	ASTM D4318-17e1	Método de ensayo:	-
------------------	------------	------------------	-----------------	-------------------	---

Preparación del espécimen:	Secado al aire / Tamizado seco en tamiz N°60 / Agua de rehidratación Destilada
Equipo empujador:	Equipo Casagrande Manual / Revulsor Plástico / Envolsado manual

LÍMITE LÍQUIDO	-	LÍMITE PLÁSTICO	NP	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP
----------------	---	-----------------	----	-----------------------	----

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

<b>INFORMACIÓN OBTENIDA</b>		<b>CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487-17e1)</b>	
<b>BOLONERÍA (Partículas &gt; 3")</b>		SM	
FRACCIÓN GRUESA	94.01 %	CLASIFICACIÓN AASHTO (AASHTO M145-91 (2017))	
Grava (N°4 - a < 3")	4.3 %	A-2-4 (0)	
ARENA (N°200 < a < N°4)	95.7 %	<b>DESCRIPCIÓN DE SUELOS</b>	
Arena gruesa (N°10 a N°4)	4.5%	Arena limosa	
Arena media (N°40 a N°10)	15.7%		
Arena fina (N°200 a N°40)	80.3%		
FRACCIÓN FINA	5.99 %		
C. de Uniformidad (Cu)	-		
C. de Curvatura (Cc)	-		

Revisado por:

**MyM LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.**  
 Juan Carlos Rodríguez Cabrejos  
 JE.º TÉCNICO DE LABORATORIO

Aprobado por:

**JESÚS ZACARIAS MACEDO ZEGARRA**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243728

### NOTAS

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.  
 Prohíbe la reproducción total o parcial del presente certificado de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de MyM Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que le profirió. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de MyM Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C.



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

EMPRESA CON CERTIFICACIÓN  
**ISO 9001**



INFORME N°:	OE21-326-01-H
Fecha de Emisión:	1/06/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: David Alva Bercera	Tipo: MAB	Identificación: C-1
Solicitante: Sr. David Alva Bercera	Material: Suelo	Profundidad: 1.50 - 1.70 m
Proyecto: Diseño de un Pavimento Asfáltico incorporando Geotextil Diamond Grid en la carpeta de Rodadura en la Avenida Industrial, Lurin 2021	Procedencia: Calicata	Progresiva: -
Ubicación: Lurin - Lima	Fecha de recepción: 19/05/2021	Coordenadas: -
	Presentación: Saco	Elevación: -
	Muestra recibida: 307.2 Kg	Ubicación de Muestreo: Calicata
		Muestreado por: El Cliente
		Fecha de Muestreo: 19/05/2021

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

Fecha de Ensayo:	20/05/2021	Resp. del ensayo:	Aceptable	Norma utilizada:	ASTM U2210-19
------------------	------------	-------------------	-----------	------------------	---------------

Método empleado	A
Tamaño máximo nominal	1"
Contenido de humedad (%)	2

**OBSERVACIONES**

El resultado obtenido corresponde a la humedad de recepción.

**NOTA**

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

M&M LABORATORIO DE  
SUELOS Y CONCRETO S.A.C.  
Juan Carlos Rodríguez Cabrejos  
JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Aprobado por:

JESÚS ZACARIAS  
MACEDO ZEGARRA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243728



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

EMPRESA CON CERTIFICACIÓN  
**ISO 9001**



INFORME Nº:	<b>OE21-326-01-LA</b>
Fecha de Emisión:	1/06/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: David Alva Bercera Solicitante: Sr. David Alva Bercera Proyecto: Diseño de un Pavimento Adoquinado Incorporando Geocelda Diamond Grid en la carpeta de Rodadura en la Avenida Industrial, Lurin 2021 Ubicación: Lurin - Lima	Tipo: MAB Material: Suelo Procedencia: Calicata Fecha de recepción: 19/05/2021 Presentación: Saco Muestra recibida: 207.2 Kg	Identificación: C-1 Profundidad: 1.50 - 1.70 m Progresiva: - Coordenadas: - Elevación: - Ubicación de Muestreo: Calicata Muestreado por: El Cliente Fecha de Muestreo: 19/05/2021

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Fecha de Ensayo:	27/05/2021	Resp. del ensayo:	J. Escajadillo	Norma utilizada:	ASTM D4318-17e1
------------------	------------	-------------------	----------------	------------------	-----------------

**DATOS DE LA MUESTRA RECEPCIONADA**

Humedad de muestra recibida [%]:	2	Tamaño máximo de partícula de la muestra:	1 1/2"	Retenido en Tamiz N° 40:	19.46 %
----------------------------------	---	---	--------	--------------------------	---------

**PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN**

				AGUA DE MEZCLADO	
Húmeda	Lavado en tamiz N°40			Destilada	X
Secado al aire	Tamizado seco en tamiz N°40	X		Desmineralizada	
Secado en horno	Empujado mecánicamente a través del tamiz N°40			Otra	
	Mezclado en cápsula y partículas de arena removidas				

**EQUIPO EMPLEADO**

Límite plástico		Equipo Casagrande		Ranurador ASTM	
Enrolado manual	X	Manual	X	Metálico	
Aparato para enrolado mecánico		Motorizado		Plástico	X

**DATOS DEL ENSAYO**

Ensayo de Límite Líquido	Método A			Método B			Límite Plástico
Número de golpes	---	---	---	-	-	-	H1 (%) -
Contenido de Humedad (%)	---	---	---	-	-	-	H2 (%) -

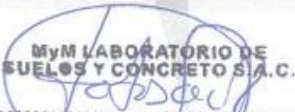
**OBSERVACIONES**

Según la carta de plasticidad SUCS, el presente material se encuentra clasificado como limo de baja plasticidad.

**NOTA**

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

  
**MyM LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.**  
 Juan Carlos Rodríguez Cabrejos  
 JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Aprobado por:

  
 JESÚS ZACARIAS  
 MACEDO ZEGARRA  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243728



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.



INFORME N°:	<b>OE21-326-01-PRM</b>
Fecha de Emisión:	1/06/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: David Alva Bercera	Tipo: MAB	Identificación: C-1
Solicitante: Sr. David Alva Bercera	Material: Suelo	Profundidad: 1.50 - 1.70 m
	Procedencia: Calicata	Progresiva: -
	Fecha de recepción: 19/05/2021	Coordenadas: -
Proyecto: Diseño de un Pavimento Adoquinado Incorporando Geocelda Diamond Grid en la carpeta de Rodadura en la Avenida Industrial, Lurín 2021	Presentación: Saco	Elevación: -
Ubicación: Lurín - Lima	Muestra recibida: 207.2 Kg	Ubicación de Muestreo: Calicata
		Muestreado por: El Cliente
		Fecha de Muestreo: 19/05/2021

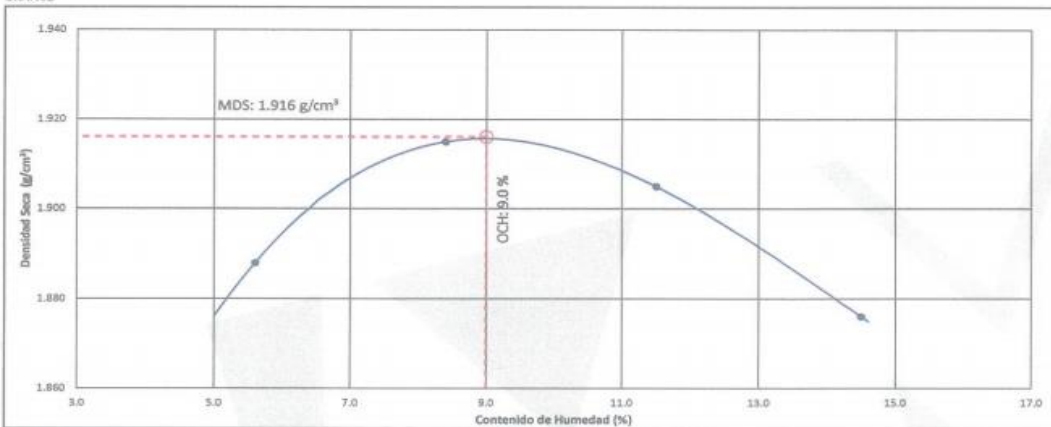
**DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS UTILIZANDO ESFUERZO MODIFICADO (PROCTOR)**

Fecha de Ensayo:	20/05/2021	Resp. del ensayo:	J. Escajadillo	Norma utilizada:	ASTM D1557-12e1
------------------	------------	-------------------	----------------	------------------	-----------------

DATOS GENERALES					
% Ret. Tamiz 3/4":	0.84	Fracción sobretamaño (%):	3.62	Humedad de recepción (%):	2
% Ret. Tamiz 3/8":	1.88	Fracción de ensayo (%):	96.38	Método de preparación:	Húmedo
% Ret. Tamiz N°4:	3.62	Peso espec. de mat. ensayado:	-	Descripción:	Arena limosa
Método de Ensayo:	A	Método utilizado para Gs:	-	Clasificación:	SM

DATOS DEL ENSAYO					
Densidad Seca (g/cm³):	1.888	1.915	1.905	1.876	
Humedad (%)	5.6	8.4	11.5	14.5	

**GRAFICO**



**RESULTADO DEL ENSAYO**

Máxima Densidad Seca (Mod- $\gamma_{dmax}$ ):	<b>1.916 g/cm³</b>
Óptimo Contenido de Humedad (Mod- $W_{opt}$ ):	<b>9.0 %</b>


**OBSERVACIONES**

**NOTA**

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

Aprobado por:

  
**MyM LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.**  
**Juan Carlos Rodríguez Cabrejos**  
 JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

  
**JESUS ZACARIAS MACEDO ZEGARRA**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243728



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

EMPRESA CON CERTIFICACIÓN  
**ISO 9001**



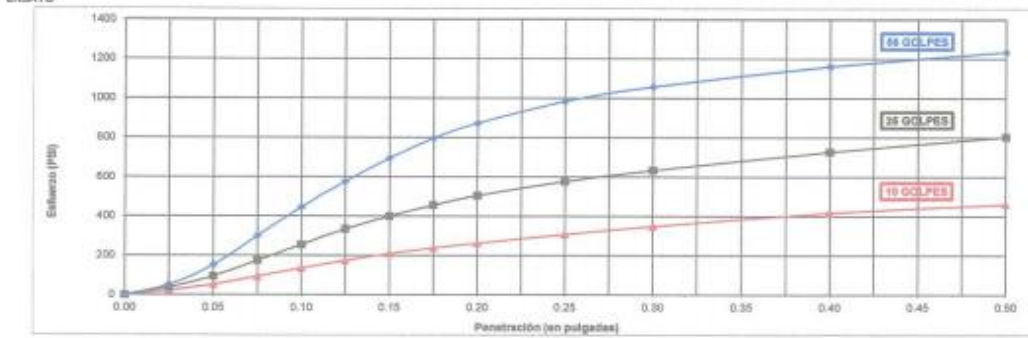
INFORME N°:	OE21-326-01-CBR
Fecha de Emisión:	1/06/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: David Alva Bercera	Tipo: MAB	Identificación: C-1
Solicitante: Sr. David Alva Bercera	Material: Suelo	Profundidad: 1.50 - 1.70 m
Proyecto: Diseño de un Pavimento Adoquinado Incorporando Geocelda Diamond Grid en la carpeta de Rodadura en la Avenida Industrial, Lurín 2021	Procedencia: Calicata	Progresiva: -
Ubicación: Lurín - Lima	Fecha de recepción: 18/05/2021	Coordenadas: -
	Presentación: Saco	Elevación: -
	Muestra recibida: 207.2 Kg	Ubicación de Muestreo: Calicata
		Muestreado por: El Cliente
		Fecha de Muestreo: 18/05/2021

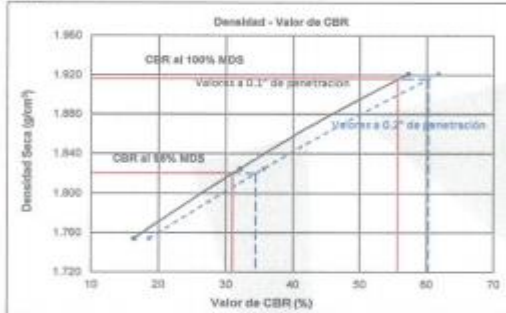
**CBR DE LABORATORIO**

Fecha de Ensayo:	20/05/2021	Resp. del ensayo:	J. Escayado	Norma utilizada:	ASTM D1883-16
------------------	------------	-------------------	-------------	------------------	---------------

<b>DATOS GENERALES</b>	
Norma y método de ensayo de compactación:	ASTM D1557-12e1 - A
Fracción sobretamaño:	3.6 %



**RESULTADOS**



Especificaciones	56 Golpes	25 Golpes	10 Golpes
Densidad seca (g/cm³)	1.921	1.825	1.754
Humedad (inicial) (%)	8.9	9.1	9.3
Humedad Final (%)	11.3	12.2	13.9
Hinchamiento (%)	0.0	0.0	0.0
CBR a 0.1\"/>			

Máxima densidad seca (g/cm³)	1.916
Óptimo contenido de humedad (%)	9.0

**Valor de CBR a 0.1\"/>**

CBR al 100% MDS	55.7
CBR al 95% MDS	31.0

**Valor de CBR a 0.2\"/>**

CBR al 100% MDS	60.3
CBR al 95% MDS	34.4

**OBSERVACIONES**

**NOTA**

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

**M&M LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.**  
 Juan Carlos Rodríguez Cabrejos  
 JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Aprobado por:

**JESÚS ZACARIAS MACEDO ZEGARRA**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243728



# Anexo 7. Estudio de mecánica de suelos muestra C-2.



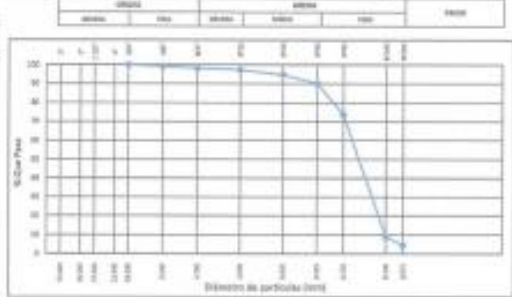
INFORME N°:	OE21-326-02-EN
Fecha de Emisión:	3/09/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL INGENIERO
Cliente: David Alva Benavente	Tipo: M&M	Identificación: C-2
Beneficiario: Sr. David Alva Benavente	Materia: Suelo	Profundidad: 1.00 - 1.75 m
Proyecto: Diseño de un Pavimento Adecuado Incorporando Tecnología Digital 3D en la carpeta de rodadura en la Avenida Industrial, Lote 002	Procedencia: Celeros	Progrma: -
Ubicación: Lurín - Lima	Fecha de recepción: 18/05/2021	Condensación: -
	Presentación: Bolsa Plástica Sellada	Etiquetado: -
	Muestra recibida: 28.3 Kg	Ubicación de Muestra: Celeros
		Muestreado por: Sr. Cliente
		Fecha de Muestreo: 18/05/2021

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Fecha de Ensayo:	21/09/2021	Norma utilizada:	NTP 326.128-2009 (2020)
------------------	------------	------------------	-------------------------

Tamaño ASTM E 11	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
8"			
4"			
2 1/2"			
2"			
3/4"			100.00
3/8"	0.77	0.77	99.23
Nº 4	0.89	1.60	98.40
Nº 10	1.01	2.61	97.39
Nº 20	2.04	4.65	95.35
Nº 40	4.48	9.14	90.86
Nº 60	16.97	26.31	73.69
Nº 100	64.58	90.89	9.11
Nº 200	4.58	95.47	4.53
SEDIMENTO			



Descripción de las vertientes: Celeros, Mierles, Subagayocan, Datas

### LÍMITES DE ATTERBERG

Fecha de Ensayo:	21/09/2021	Norma utilizada:	ASTM D2487-17e1	Método de ensayo:	-
------------------	------------	------------------	-----------------	-------------------	---

Preparación del espécimen: Sencillo al aire / Tamizado seco en tamiz Nº40 / Agua de mojado Escalada

Estado del espécimen: Estado Compactado Manual / Remoción Plástica / Estado natural

LÍMITE LÍQUIDO	-	LÍMITE PLÁSTICO	MP	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	MP
----------------	---	-----------------	----	-----------------------	----

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INFORMACIÓN OBTENIDA	
SOLONCHAL (Fertilidad > 1)	
FRACCIÓN GRASA	95.35 %
Grasa (Nº 4 a + 75)	1.7 %
Grasa (Nº 200 a + Nº 4)	98.3 %
Grasa gruesa (Nº 20 a + Nº 4)	1.1 %
Grasa media (Nº 60 a + Nº 20)	7.9 %
Grasa fina (Nº 200 a + Nº 4)	91.2 %
FRACCIÓN FINA	4.65 %
C. de Uniformidad [Cu]	1.38
C. de Curvatura [Cc]	0.28

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487-17e1)	SP
CLASIFICACIÓN AASHTO (AASHTO M645-65 (2017))	A-3 (X)
DESCRIPCIÓN DE SUELOS	Arca del gravado

### OBSERVACIONES

Se encontró 1% de restos de ladrillos y concreto en la muestra.

Revisado por:  
  
**JUAN CARLOS RODRÍGUEZ CABREJOS**  
 JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Aprobado por:  
  
**JESÚS ZACARÍAS MACEDO ZEGARRA**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 243726

**NOTAS**  
 La MUESTRA ha sido identificada y etiquetada por el solicitante.  
 Mediante la presente se informa al personal del presente certificado de ensayo de la autorización escrita del laboratorio de M&M Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como verificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de M&M Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C.



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.



INFORME N°:	OE21-326-02-H
Fecha de Emisión:	31/05/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: David Alva Becerra	Tipo: MAB	Identificación: C-2
Solicitante: Sr. David Alva Becerra	Material: Suelo	Profundidad: 1.50 - 1.70 m
Proyecto: Diseño de un Pavimento Adecuado Incorporando Geotextil Diamond Grid en la carpeta de Rodadura en la Avenida Industrial, Lurin 2021	Procedencia: Calicata	Progresiva: -
Ubicación: Lurin - Lima	Fecha de recepción: 19/05/2021	Coordenadas: -
	Presentación: Bolsa Plástica Sellada	Elevación: -
	Muestra recibida: 20.2 Kg	Ubicación de Muestras: Calicata
		Muestreado por: El Cliente
		Fecha de Muestras: 19/05/2021

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Fecha de Ensayo:	21/05/2021	Resp. del ensayo:	1 Escajadillo	Norma utilizada:	ASTM D2216-19
------------------	------------	-------------------	---------------	------------------	---------------

Método empleado	A
Tamaño máximo nominal	N° 10
Contenido de humedad (%)	1

OBSERVACIONES

El resultado obtenido corresponde a la humedad de recepción.


NOTA

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

  
M&M LABORATORIO DE  
SUELOS Y CONCRETO S.A.C.  
Juan Carlos Rodríguez Cabrejos  
JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Aprobado por:

  
JESÚS ZACARIAS  
MACEDO ZEGARRA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243726





LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

EMPRESA CON CERTIFICACION  
**ISO 9001**



REPORTE N°:	<b>0E21-326-02-LA</b>
Fecha de Emisión:	31/05/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: David Alva Revenga	Tipo: MAS	Identificado: C-3
Solicitante: Sr. David Alva Revenga	Materia: Suelo	Profundidad: 1.00 - 1.70 m
Proyecto: Diseño de un Ferrocarril Adecuado Incorporado Sociedad Anónima Sural en la reserva de Fideicomiso en la Avenida Industrial, Lucha 2011	Procedencia: Calcuta	Progreso: -
Ubicación: Lucha - Lima	Fecha de recepción: 18/05/2021	Coordenadas: -
	Presentación: Bolsa Plástica Sellada	Diámetro: -
	Muestra recibida: 30,3 kg	Ubicación de Muestreo: Calcuta
		Muestreado por: El Cliente
		Fecha de Muestreo: 18/05/2021

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Fecha de Emisión:	31/05/2021	Pres. del ensayo:	J. Escudillo	Norma utilizada:	ASTM D4318 (TX)
-------------------	------------	-------------------	--------------	------------------	-----------------

**DATOS DE LA MUESTRA RESEPCIONADA**

Humedad de muestra recibida (%):	6.8	Tamaño máximo de partícula de la muestra:	3/4"	Patario en Tarea N° 40:	0.94 %
----------------------------------	-----	---	------	-------------------------	--------

**PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN**

Número	Descripción	Realizado	AGUA DE MECLADO	Realizado
Secado al aire	Lavado en tamiz N°40	<input checked="" type="checkbox"/>	Destilada	<input checked="" type="checkbox"/>
Secado en horno	Tamizado seco en tamiz N°40	<input checked="" type="checkbox"/>	Desmineralizada	<input type="checkbox"/>
	Empaquetado mecánicamente a través del tamiz N°40	<input type="checkbox"/>	Otra	<input type="checkbox"/>
	Método en cápsula y partículas de arena remojada	<input type="checkbox"/>		

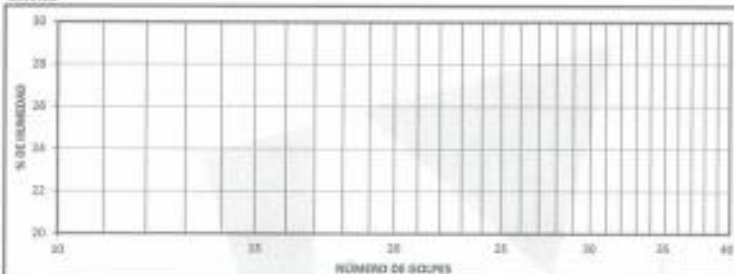
**EQUIPO EMPLEADO**

Linea plástica	Equipo Casagrande	Parámetro ASTM
Envase manual	Manual	Metalico
Apertura para envase de muestra	Mecanizado	Plastico

**DATOS DEL ENSAYO**

Ensayo de Límite Líquido	Método A	Método B	Límite Plástico
Número de golpes	-	-	PL (%)
Contenido de Humedad (%)	-	-	PL (%)

**GRABO**



**RESULTADO DEL ENSAYO**

LÍMITE LÍQUIDO, LL	-
LÍMITE PLÁSTICO, LP	NP
ÍNDICE PLÁSTICO, IP	NP

**OBSERVACIONES**

Según la carta de plasticidad SUCS, el presente material se encuentra clasificado como limo de baja plasticidad.

**NOTA**

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.  
Revisado por:

Aprobado por:

**M&M LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.**  
Juan Carlos Rodríguez Cabrejos  
JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

**JESUS ZACARIAS MACEDO ZEGARRA**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243728



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

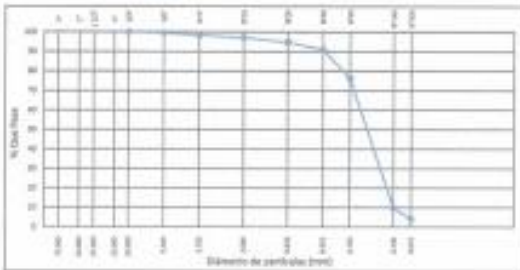


<b>INFORME Nº:</b>	<b>OE21-326-03-EN</b>
<b>Fecha de Emisión:</b>	1/06/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
Cliente: David Alva Bercoza	Tipo: AAB	Identificación: C-3
Intendente: Sr. David Alva Bercoza	Materia: Suelo	Profundidad: 3.00 - 3.75 m
Proyecto: Diseño de un Pavimento Adopcionado mejoramiento de la Avenida Industrial, Lima 2001	Procedencia: Calicata	Proyecto: -
Ubicación: Lima - Lima	Fecha de recepción: 18/05/2021	Comentarios: -
	Presentador: Srta Patricia Sotelo	Etiquetas: -
	Muestra recibida: 21.0 kg	Ubicación de Muestreo: Calicata
		Muestreado por: El Cliente
		Fecha de Muestreo: 18/05/2021

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

Fecha de Emisión:	10/05/2021	Norma utilizada:	NTF 200.138.2009 (2018)																																																																																																
<b>RESULTADO DEL ENSAYO</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">arena</th> <th colspan="2">limo</th> <th colspan="2">arcilla</th> </tr> <tr> <th>arena</th> <th>fin</th> <th>arena</th> <th>limo</th> <th>arcilla</th> <th>total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3"</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>1.1/2"</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>99.57</td> <td>0.43</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.43</td> </tr> <tr> <td>4" 4</td> <td>96.47</td> <td>3.53</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>3.53</td> </tr> <tr> <td>4" 20</td> <td>97.13</td> <td>2.87</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>2.87</td> </tr> <tr> <td>4" 20</td> <td>94.89</td> <td>5.11</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>5.11</td> </tr> <tr> <td>4" 40</td> <td>90.00</td> <td>10.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>10.00</td> </tr> <tr> <td>4" 60</td> <td>76.12</td> <td>23.88</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>23.88</td> </tr> <tr> <td>4" 100</td> <td>9.82</td> <td>90.18</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>90.18</td> </tr> <tr> <td>4" 200</td> <td>4.33</td> <td>95.67</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>95.67</td> </tr> <tr> <td>FUNDO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		arena		limo		arcilla		arena	fin	arena	limo	arcilla	total	3"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.1/2"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3/8"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3/8"	99.57	0.43	0.00	0.00	0.43	4" 4	96.47	3.53	0.00	0.00	3.53	4" 20	97.13	2.87	0.00	0.00	2.87	4" 20	94.89	5.11	0.00	0.00	5.11	4" 40	90.00	10.00	0.00	0.00	10.00	4" 60	76.12	23.88	0.00	0.00	23.88	4" 100	9.82	90.18	0.00	0.00	90.18	4" 200	4.33	95.67	0.00	0.00	95.67	FUNDO					
arena		limo		arcilla																																																																																															
arena	fin	arena	limo	arcilla	total																																																																																														
3"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																														
3"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																														
1.1/2"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																														
1"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																														
3/8"	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																														
3/8"	99.57	0.43	0.00	0.00	0.43																																																																																														
4" 4	96.47	3.53	0.00	0.00	3.53																																																																																														
4" 20	97.13	2.87	0.00	0.00	2.87																																																																																														
4" 20	94.89	5.11	0.00	0.00	5.11																																																																																														
4" 40	90.00	10.00	0.00	0.00	10.00																																																																																														
4" 60	76.12	23.88	0.00	0.00	23.88																																																																																														
4" 100	9.82	90.18	0.00	0.00	90.18																																																																																														
4" 200	4.33	95.67	0.00	0.00	95.67																																																																																														
FUNDO																																																																																																			



Descripción de las partículas: Color Marrón, Subangulosa, Dura

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Fecha de Emisión:	10/05/2021	Norma utilizada:	ASTM D4328-17e1	Método de ensayo:	-
Preparación del espécimen:	Secado al aire / Terminado poco en horno 110° / Agua de mezcla destilada				
Equipo utilizado:	Balanza Gasparde Manual / Removidor Plástico / Cuchillo manual				
LÍMITE LÍQUIDO	-	LÍMITE PLÁSTICO	NP	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

<b>INFORMACIÓN OBTENIDA</b>		<b>CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487-17e1)</b>	SP
ESQUEMA (Partículas-3)	-	<b>CLASIFICACIÓN AASHTO (AASHTO M145-01 (2017))</b>	A-3 (0)
FRACCIÓN ARENOSA	95.67%	<b>GRUPO DE SUELOS</b>	
arena 47.5 a + 4.75	3.6%		
arena 4.75 a + 0.425	92.0%		
arena gruesa (4.75 a + 0.425)	1.4%		
arena media (0.425 a + 0.075)	6.6%		
arena fina (0.075 a + 0.04)	93.4%		
FRACCIÓN FINA	4.33%		
L de Uniformidad (Cu)	1.01		
L de Curvatura (Cc)	0.00		

COMENTARIOS

Revisado por:   
**MyM LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS S.A.C.**  
 Juan Carlos Rodríguez Cabrejos  
 JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Aprobado por:   
**JESÚS ZACARÍAS MACEDO ZEGARRA**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 243726

**NOTAS**  
 La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.  
 Prefiere la reproducción total o parcial del presente certificado de ensayo con la autorización escrita del Laboratorio de MyM Laboratorio de Suelos y Concretos S.A.C.  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de MyM Laboratorio de Suelos y Concretos S.A.C.



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

EMPRESA CON CERTIFICACIÓN  
**ISO 9001**



<b>INFORME N°:</b>	<b>OE21-326-03-H</b>
<b>Fecha de Emisión:</b>	31/05/2021

DATOS DEL SOLICITANTE	DATOS DE LA MUESTRA	DATOS DEL MUESTREO
<b>Cliente:</b> David Alva Becerra	<b>Tipo:</b> MAB	<b>Identificación:</b> C-3
<b>Solicitante:</b> Sr. David Alva Becerra	<b>Materia:</b> Suelo	<b>Profundidad:</b> 1.50 - 1.70 m
<b>Proyecto:</b> Diseño de un Pavimento Adosquinado Interortogonal Geotextil Diamond Grid en la carreta de Rodadura en la Avenida Industrial, Lurin 2021	<b>Procedencia:</b> Calicata	<b>Prograva:</b> -
<b>Ubicación:</b> Lurin - Lima	<b>Fecha de recepción:</b> 19/05/2021	<b>Coordenadas:</b> -
	<b>Presentación:</b> Bolsa Plástica Sellada	<b>Elevación:</b> -
	<b>Muestra recibida:</b> 23.0 kg	<b>Ubicación de Muestreo:</b> Calicata
		<b>Muestreo por:</b> El Cliente
		<b>Fecha de Muestreo:</b> 19/05/2021

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

<b>Fecha de Ensayo:</b> 20/05/2021	<b>Resp. del ensayo:</b> J. Escudado	<b>Norma utilizada:</b> ASTM D2216-18
------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

<b>Método empleado</b>	<b>A</b>
<b>Tamaño máximo nominal</b>	<b>N° 10</b>
<b>Contenido de humedad (%)</b>	<b>1</b>

**OBSERVACIONES**

El resultado obtenido corresponde a la humedad de recepción.


**NOTA**

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

  
MyM LABORATORIO DE  
SUELOS Y CONCRETO S.A.C.  
Juan Carlos Rodríguez Cabrejos  
JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

Aprobado por:

  
JESUS ZACARIAS  
MACEDO ZEGARRA  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243728



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

EMPRESA CON CERTIFICACIÓN  
**ISO 9001**



INFORME N°:	<b>OE21-326-03-LA</b>
Fecha de Emisión:	21/05/2021

DATOS DEL SOLICITANTE		DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL MUESTRO	
Cliente:	David Alva Becerra	Tipo:	MAB	Identificación:	C-3
Solicitante:	Ty David Alva Becerra	Materia:	Suelo	Profundidad:	1,00 - 1,70 m
Proyecto:	Diseño de un Pastoreo Adecuado Inapropiado (Asociada Diomedea) en la zona de Pastoreo en la Avenida Industrial, Lurín 2212	Fecha de recepción:	20/05/2021	Progras:	-
Ubicación:	Lurín - Lima	Presentación:	Bolsa Plástica Selloada	Considerar:	-
		Muestra recibida:	21,0 kg	Elevación:	-
				Ubicación de Muestreo:	Colchita
				Muestreado por:	JR Chaves
				Fecha de Muestreo:	16/05/2021

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Fecha de ensayo:	21/05/2021	País del ensayo:	Chile	Norma utilizada:	ASTM D4328-L761
------------------	------------	------------------	-------	------------------	-----------------

**DATOS DE LA MUESTRA RECIBIDA**

Humedad de muestra recibida (%):	3.3	Tamaño máximo de partícula de la muestra:	N/A	Retenido en tamiz N° 40:	0.05 %
----------------------------------	-----	---	-----	--------------------------	--------

**PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN**

Humedad	<input type="checkbox"/>	Unido en tamiz N°40	<input type="checkbox"/>	AGUA DE MEZCLADO	<input type="checkbox"/>
Secado al aire	<input checked="" type="checkbox"/>	Tamizado seco en tamiz N°40	<input checked="" type="checkbox"/>	Destada	<input checked="" type="checkbox"/>
Secado en horno	<input type="checkbox"/>	Trisujeto mecánicamente a través del tamiz N°40	<input type="checkbox"/>	Desmenuzando	<input type="checkbox"/>
		Mezclado en cisterna y partículas de arena removidas	<input type="checkbox"/>	Otra	<input type="checkbox"/>

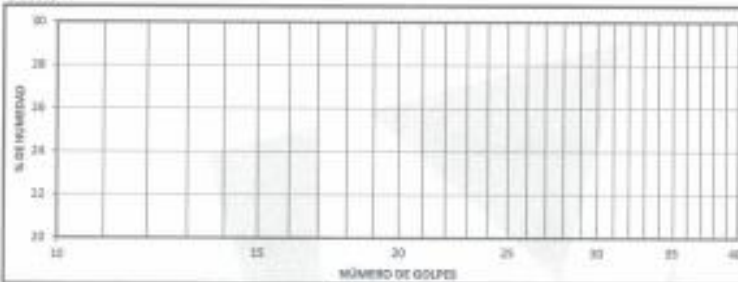
**EQUIPO EMPLEADO**

Límite plústico	<input type="checkbox"/>	Equipo Casagrande	<input type="checkbox"/>	Remecorador ASTM	<input type="checkbox"/>
Escalera manual	<input checked="" type="checkbox"/>	Manual	<input checked="" type="checkbox"/>	Método	<input type="checkbox"/>
Bastidor para envase de recepción	<input type="checkbox"/>	Mozcador	<input type="checkbox"/>	Método	<input checked="" type="checkbox"/>

**DATOS DEL ENSAYO**

Ensayo de Límite Líquido	Método A		Método B		Límite Plústico
Número de golpes	---	---	---	---	PL (N)
Coeficiente de humedad (%)	---	---	---	---	PL2 (N)

**GRÁFICO**



**RESULTADO DEL ENSAYO**

LÍMITE LÍQUIDO, LL	-
LÍMITE PLÁSTICO, LP	NP
ÍNDICE PLÁSTICO, IP	NP

**DESCRIPCIONES**

Según la carta de plasticidad SUCS, el presente material se encuentra clasificado como franco de baja plasticidad.

**NOTA**

La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante.

Revisado por:

Aprobado por:

  
**Juan Carlos Rodríguez Cabrejos**  
 JEFE TÉCNICO DE LABORATORIO

  
**JESÚS ZACARIAS MAEDÓ ZEGARRA**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243728

## Anexo 9. Características del agregado fino- Cantera Quebrada el León.



### CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

#### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA  
**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA  
**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO  
**FECHA DE ENSAYO** : 18/05/2021

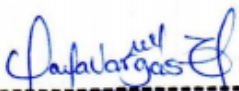
#### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	117.2	217.6	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	1,244.5	1,305.0	
Peso recipiente + muestra seca	gr	1,238.8	1,297.9	
Peso de muestra húmeda	gr	1,127.3	1,087.4	
Peso de muestra seca	gr	1,121.6	1,080.3	
Peso de agua	gr	6	7	
<b>Contenido de humedad</b>	%	0.5	0.7	<b>0.6</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

**QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.**

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA  
**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA  
**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO  
**FECHA DE ENSAYO** : 18/05/2021

### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	14.783	14.700	14.765	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	15.926	15.982	16.009	
Peso de recipiente	kg	3.525	3.525	3.525	
Peso de muestra en estado suelto	kg	11.258	11.175	11.240	
Peso de muestra en estado compactado	kg	12.401	12.457	12.484	
Volumen del recipiente	m3	0.0071	0.0071	0.0071	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m3	1,597	1,585	1,594	<b>1,592</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m3	1,759	1,767	1,771	<b>1,766</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.  
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

Carla Evelin Vargas Torbio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

### QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

NORMA DE ENSAYO NTP 400.022

### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA  
**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA  
**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO  
**FECHA DE ENSAYO** : 18/05/2021

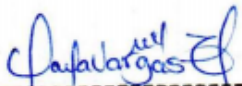
### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	613.3	573.7	
Peso del pignometro lleno de agua	gr	669.2	669.2	
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,056.7	1,031.5	
Peso de la muestra en estado SSS	gr	620.3	579.6	
<b>Peso especifico base seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.63	2.64	<b>2.64</b>
Peso especifico base SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.66	2.67	2.67
<b>Absorcion</b>	%	1.1	1.0	<b>1.1</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el Solicitante.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

**QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.**

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



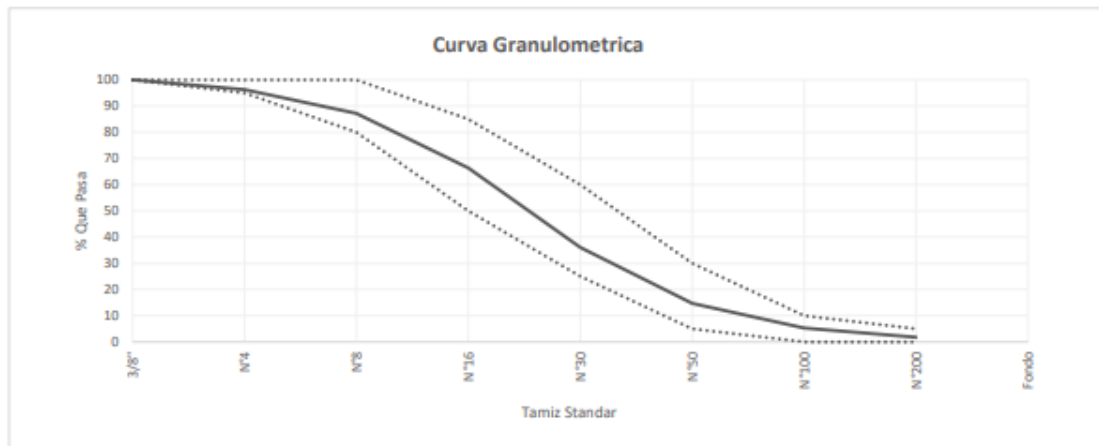


## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA  
**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA  
**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - EL MILAGRO - HUANCHACO - TRUJILLO  
**FECHA DE ENSAYO** : 18/05/2021

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	<b>Características físicas:</b> Tamaño Max. Nom. : Cont. de Humedad: 0.6 % Modulo de Finura: 2.94
N°4	4.750	40.7	3.7	3.7	96.3	95	100	
N°8	2.360	98.2	9.0	12.7	87.3	80	100	
N°16	1.180	227.8	20.9	33.6	66.4	50	85	
N°30	0.600	330.3	30.3	63.9	36.1	25	60	
N°50	0.300	232.5	21.4	85.3	14.7	5	30	
N°100	0.150	102.1	9.4	94.7	5.3	0	10	
N°200	0.075	38.6	3.5	98.2	1.8	0	5	
Fondo	-	18.4	1.7	99.9	0.1			
		<b>1088.6</b>	<b>99.9</b>					



**OBSERVACIONES:**

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.  
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

**QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.**

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## Anexo 10. Características del agregado grueso- Cantera La Soledad.



### CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

#### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA  
**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.  
**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO - PIEDRA TRITURADA HUSO 8  
**PROCEDENCIA** : CANTERA LA SOLEDAD - CHICAMA - ASCOPE  
**FECHA DE ENSAYO** : 18/05/2021

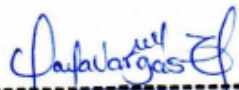
#### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	258	311	
Peso recipiente + muestra humeda	gr	2,946	3,103	
Peso recipiente + muestra seca	gr	2,934	3,088	
Peso de muestra humeda	gr	2,688	2,792	
Peso de muestra seca	gr	2,676	2,777	
Peso de agua	gr	12	15	
<b>Contenido de humedad</b>	%	0.4	0.5	<b>0.5</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

**QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.**

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA  
**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.  
**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO - PIEDRA TRITURADA HUSO 8  
**PROCEDENCIA** : CANTERA LA SOLEDAD - CHICAMA - ASCOPE  
**FECHA DE ENSAYO** : 18/05/2021


### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	13.056	12.967	12.854	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	13.709	13.852	13.683	
Peso de recipiente	kg	3.525	3.525	3.525	
Peso de muestra en estado suelto	kg	9.531	9.442	9.329	
Peso de muestra en estado compactado	kg	10.184	10.327	10.158	
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0071	0.0071	0.0071	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,352	1,339	1,323	<b>1,338</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,445	1,465	1,441	<b>1,450</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

**QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.**

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

NORMA DE ENSAYO NTP 400.021

### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA  
**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.  
**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO - PIEDRA TRITURADA HUSO 8  
**PROCEDENCIA** : CANTERA LA SOLEDAD - CHICAMA - ASCOPE  
**FECHA DE ENSAYO** : 18/05/2021


### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	2,716	2,471	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	2,759	2,506	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,720	1,566	
<b>Peso especifico base seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.61	2.63	<b>2.62</b>
Peso especifico base SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.66	2.67	2.67
<b>Absorcion</b>	%	1.6	1.4	<b>1.5</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

**QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.**

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

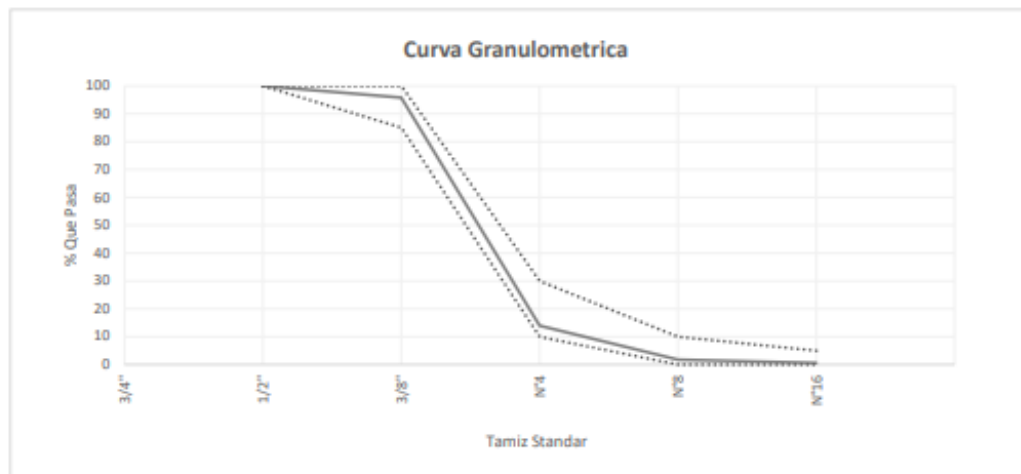


## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA  
**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.  
**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO - PIEDRA TRITURADA HUSO 8  
**PROCEDENCIA** : CANTERA LA SOLEDAD - CHICAMA - ASCOPE  
**FECHA DE ENSAYO** : 18/05/2021

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites Huso 8 (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
1½"	37.50							
1"	25.00							<b>Características físicas:</b> Tamaño Max. Nom.: 3/4 Cont. de Humedad: 0.5 % Modulo de Finura: 5.88
3/4"	19.00							
1/2"	12.50	0	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/8"	9.50	146	4.2	4.2	95.8	85	100	
N°4	4.75	2827	81.9	86.1	13.9	10	30	
N°8	2.36	416	12.1	98.2	1.8	0	10	
N°16	1.18	42	1.2	99.4	0.6	0	5	
Fondo	-	19	0.6	100.0	0.0			
		<b>3450</b>	<b>100.0</b>					



**OBSERVACIONES:**

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

**Anexo 11. Diseño de mezcla  $f'c = 280 \text{ kg.cm}^2$  (relleno geocelda diamond grid 6x12x4).**



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

(Metodología ACI 211.1)

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA

**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021

**FECHA** : 26/05/2021

**ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONCRETO**

Identificacion	Tipo Cemento	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Slump (pulg)	TMNA (pulg)	Relacion (A/C)	Observaciones
C280-MS-H8-A6	MS	<b>280</b>	350	6 ± 1	3/8	0.48	

$f'c$ : Resistencia especificada;  $f'cr$ : Resistencia requerida; TMNA: Tamaño máximo nominal de agregado

**PROPIEDADES FISICAS DE MATERIALES**

Material	Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorcion (%)	Contenido Humedad (%)	Modulo de Finura	PUS (kg/m <sup>3</sup> )	PUC (kg/m <sup>3</sup> )	Procedencia
Cemento Tipo MS	2,960						Cementos Pacasmayo
Agua potable o similar	1,000						
Arena zarandeada	2,640	1.1	0.6	2.94	1,592	1,766	Cantera Quebrada EL Leon - Trujillo
Piedra triturada huso 8	2,620	1.5	0.5	5.88	1,338	1,450	Cantera La Soledad - Chicama
Aditivo plastificante	1,210						Sikament TM 190


PUS: Peso unitario suelto; PUC: Peso unitario compactado

**PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO**

Material	Peso Seco (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Humedo (kg/m <sup>3</sup> )	Tanda Prueba (kg)*	Tanda por bolsa de cemento	Observaciones
Cemento Tipo MS	447.92	0.151	447.92	447.92	12.542	1 bls	
Agua potable o similar	215.00	0.215	215.00	226.30	6.336	21 lts	
Arena zarandeada	979.44	0.371	990.21	985.32	27.589	2.1 p3	
Piedra triturada huso 8	638.00	0.244	647.57	641.20	17.954	1.6 p3	
Aditivo plastificante	5.38	0.004	5.38	5.38	0.151	620 ml	
Aire atrapado	0.00	0.015	0.00	0.00	0.00		
<b>Totales</b>	<b>2,285.74</b>	<b>1.000</b>	<b>2,306.08</b>	<b>2,306.12</b>	<b>64.57</b>		

SSS: Saturado superficialmente seco

(\*) Tanda de prueba de 28 litros

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

**QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.**

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

## Anexo 12. Diseño de mezcla $f'c = 320 \text{ kg.cm}^2$ (adoquín peatonal 10x20x4)



### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

(Metodología ACI 211.1)

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA

**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021

**FECHA** : 26/05/2021

#### ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONCRETO

Identificación	Tipo Cemento	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Slump (pulg)	TMNA (pulg)	Relacion (A/C)	Observaciones
C320-MS-H8-A6	MS	<b>320</b>	390	6 ± 1	3/8	0.44	

$f'c$ : Resistencia especificada;  $f'cr$ : Resistencia requerida; TMNA: Tamaño máximo nominal de agregado

#### PROPIEDADES FISICAS DE MATERIALES

Material	Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorcion (%)	Contenido Humedad (%)	Modulo de Finura	PUS (kg/m <sup>3</sup> )	PUC (kg/m <sup>3</sup> )	Procedencia
Cemento Tipo MS	2,960						Cementos Pacasmayo
Agua potable o similar	1,000						
Arena zarandeada	2,640	1.1	0.6	2.94	1,592	1,766	Cantera Quebrada EL Leon - Trujillo
Piedra triturada huso 8	2,620	1.5	0.5	5.88	1,338	1,450	Cantera La Soledad - Chicama
Aditivo plastificante	1,210						Sikament TM 190


PUS: Peso unitario suelto; PUC: Peso unitario compactado

#### PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO

Material	Peso Seco (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Humedo (kg/m <sup>3</sup> )	Tanda Prueba (kg)*	Tanda por bolsa de cemento	Observaciones
Cemento Tipo MS	488.64	0.165	488.64	488.64	13.682	1 bls	
Agua potable o similar	215.00	0.215	215.00	226.10	6.331	20 lts	
Arena zarandeada	939.84	0.356	950.18	945.48	26.473	1.8 p3	
Piedra triturada huso 8	638.00	0.244	647.57	641.20	17.954	1.5 p3	
Aditivo plastificante	5.86	0.005	5.86	5.86	0.164	620 ml	
Aire atrapado	0.00	0.015	0.00	0.00	0.00		
<b>Totales</b>	<b>2,287.34</b>	<b>1.000</b>	<b>2,307.25</b>	<b>2,307.28</b>	<b>64.60</b>		

SSS: Saturado superficialmente seco

(\*) Tanda de prueba de 28 litros

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

## Anexo 13. Diseño de mezcla $f'c = 560 \text{ kg.cm}^2$ (adoquin industrial tipo III 10x20x8)



### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

(Metodología ACI 211.1)

**SOLICITANTE** : DAVID ALVA BERCERA

**PROYECTO** : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021

**FECHA** : 26/05/2021

#### ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONCRETO

Identificación	Tipo Cemento	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Slump (pulg)	TMNA (pulg)	Relacion (A/C)	Observaciones
C560-MS-H8-A6	MS	<b>560</b>	630	6 ± 1	3/8	0.35	

$f'c$ : Resistencia especificada;  $f'cr$ : Resistencia requerida; TMNA: Tamaño máximo nominal de agregado

#### PROPIEDADES FISICAS DE MATERIALES

Material	Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorcion (%)	Contenido Humedad (%)	Modulo de Finura	PUS (kg/m <sup>3</sup> )	PUC (kg/m <sup>3</sup> )	Procedencia
Cemento Tipo MS	2,960						Cementos Pacasmayo
Agua potable o similar	1,000						
Arena zarandeada	2,640	1.1	0.6	2.94	1,592	1,766	Cantera Quebrada EL Leon - Trujillo
Piedra triturada huso 8	2,620	1.5	0.5	5.88	1,338	1,450	Cantera La Soledad - Chicama
Aditivo plastificante	1,210						Sikament TM 190


PUS: Peso unitario suelto; PUC: Peso unitario compactado

#### PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO

Material	Peso Seco (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Humedo (kg/m <sup>3</sup> )	Tanda Prueba (kg)*	Tanda por bolsa de cemento	Observaciones
Cemento Tipo MS	614.29	0.208	614.29	614.29	17.200	1 bls	
Agua potable o similar	215.00	0.215	215.00	225.50	6.314	16 lts	
Arena zarandeada	823.68	0.312	832.74	828.62	23.201	1.3 p3	
Piedra triturada huso 8	638.00	0.244	647.57	641.20	17.954	1.2 p3	
Aditivo plastificante	7.37	0.006	7.37	7.37	0.206	620 ml	
Aire atrapado	0.00	0.015	0.00	0.00	0.00		
<b>Totales</b>	<b>2,298.34</b>	<b>1.000</b>	<b>2,316.97</b>	<b>2,316.98</b>	<b>64.88</b>		

SSS: Saturado superficialmente seco

(\*) Tanda de prueba de 28 litros

  
 -----  
 Carla Evelin Vargas Torbio  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## Anexo 14. Resistencia a la compresión a los 3 días.



### INFORME DE ENSAYO N° 0602-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 01/06/2021

#### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : DAVID ALVA BERCERA

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.

ID MUESTRA : GEOCELDA DIAMOND GRID 6X12X4 (CONCRETO F'C = 280 KG/CM2 TIPO MS)

#### 2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO\*  
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

#### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:


Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
DG280MS-1)	29/05/2021	01/06/2021	3	12.0	6.0	4.0	72	31332	435.2	N.D.
DG280MS-2)	29/05/2021	01/06/2021	3	12.0	6.0	4.0	72	34794	483.3	N.D.
DG280MS-3)	29/05/2021	01/06/2021	3	12.0	6.0	4.0	72	28261	392.5	N.D.

N.D.: No Disponible

Promedio **437.0**

#### NOTAS

1. El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
  2. La identificación de especímenes, resistencia especificada (F<sub>b</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
  3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021.
- (\*) Método de ensayo aplicado en modo experimental.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Torbio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe





## INFORME DE ENSAYO N° 0603-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 01/06/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : DAVID ALVA BERCERA

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.

ID MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO TIPO I - PEATONAL 10X20X4

### 2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Especimen	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD4-I-(1)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	47885	239.4	1.728
AD4-I-(2)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	49436	247.2	1.745
AD4-I-(3)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	52095	260.5	1.710
Promedio									<b>249.0</b>	

#### NOTAS

- El muestreo y/o elaboracion de los especimenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificacion de especimenes, resistencia especificada (f<sub>b</sub>), e informacion del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 0604-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 01/06/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : DAVID ALVA BERCERA

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.

ID MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO TIPO III - INDUSTRIAL 10X20X8

### 2. TIPO DE ENSAYO:


MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Especimen	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD8-III-(1)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	75009	375.0	3.488
AD8-III-(2)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	70445	352.2	3.501
AD8-III-(3)	29/05/2021	01/06/2021	3	20.0	10.0	4.0	200	73692	368.5	3.495
Promedio									<b>365.2</b>	

### NOTAS

- El muestreo y/o elaboracion de los especimenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especimenes, resistencia especificada (f<sub>b</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Torbio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

## Anexo 15. Resistencia a la compresión a los 7 días.



### INFORME DE ENSAYO N° 0632-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 05/06/2021

#### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : DAVID ALVA BERCERA

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.

ID MUESTRA : GEOCELDA DIAMOND GRID 6X12X4 (CONCRETO F'c = 280 KG/CM2 TIPO MS)

#### 2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO\*  
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

#### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
DG280MS-(4)	29/05/2021	05/06/2021	7	12.0	6.0	4.0	72	39265	545.3	N.D.
DG280MS-(5)	29/05/2021	05/06/2021	7	12.0	6.0	4.0	72	44207	614.0	N.D.
DG280MS-(6)	29/05/2021	05/06/2021	7	12.0	6.0	4.0	72	41698	579.1	N.D.

N.D.: No Disponible

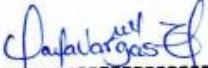
Promedio

579.5

#### NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especímenes, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021.

(\*) Metodo de ensayo aplicado en modo experimental.

  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 0633-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 05/06/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : DAVID ALVA BERCERA

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.

ID MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO TIPO I - PEATONAL 10X20X4

### 2. TIPO DE ENSAYO:


MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD4-I-(4)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	64902	324.5	1.704
AD4-I-(5)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	61145	305.7	1.735
AD4-I-(6)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	59566	297.8	1.718
Promedio									309.3	

#### NOTAS

- El muestreo y/o elaboracion de los especimenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especimenes, resistencia especificada (f<sub>b</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 0634-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 05/06/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : DAVID ALVA BERCERA

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.

ID MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO TIPO III - INDUSTRIAL 10X20X8

### 2. TIPO DE ENSAYO:


MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Especimen	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD8-III-(4)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	98741	493.7	3.516
AD8-III-(5)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	94306	471.5	3.502
AD8-III-(6)	29/05/2021	05/06/2021	7	20.0	10.0	4.0	200	99005	495.0	3.531
Promedio									486.7	

### NOTAS

- El muestreo y/o elaboracion de los especimenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificación de especimenes, resistencia especificada (f<sub>b</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe

## Anexo 16. Resistencia a la compresión a los 28 días.



### INFORME DE ENSAYO N° 0835-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 26/06/2021

#### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : DAVID ALVA BERCERA

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.

ID MUESTRA : GEOCELDA DIAMOND GRID 6X12X4 (CONCRETO F'C = 280 KG/CM2 TIPO MS)

#### 2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO\*  
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

#### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
DG280MS-(7)	29/05/2021	26/06/2021	28	12.0	6.0	4.0	72	52002	722.3	N.D.
DG280MS-(8)	29/05/2021	26/06/2021	28	12.0	6.0	4.0	72	48775	677.4	N.D.
DG280MS-(9)	29/05/2021	26/06/2021	28	12.0	6.0	4.0	72	50964	707.8	N.D.


N.D.: No Disponible

Promedio

702.5

#### NOTAS

- El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
  - La identificación de especímenes, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
  - Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021.
- (\*) Método de ensayo aplicado en modo experimental.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 0836-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 26/06/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : DAVID ALVA BERCERA

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.

ID MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO TIPO I - PEATONAL 10X20X4

### 2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Especimen	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD4-I-(7)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	68440	342.2	1.704
AD4-I-(8)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	70958	354.8	1.735
AD4-I-(9)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	69657	348.3	1.718
Promedio									348.4	

### NOTAS

- El muestreo y/o elaboracion de los especimenes han sido efectuados por el Solicitante.
- La identificacion de especimenes, resistencia especificada (Fb), e informacion del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Toribio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 0637-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 26/06/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : DAVID ALVA BERCERA

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURIN 2021.

ID MUESTRA : ADOQUIN DE CONCRETO TIPO III - INDUSTRIAL 10X20X8

### 2. TIPO DE ENSAYO:

MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo NTP 339.604:2002)

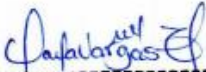
### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Especimen	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg)
AD8-III-(7)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	118320	591.6	3.516
AD8-III-(8)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	120688	603.4	3.502
AD8-III-(9)	29/05/2021	26/06/2021	28	20.0	10.0	4.0	200	122952	614.8	3.531

Promedio **603.3**

### NOTAS

1. El muestreo y/o elaboración de los especímenes han sido efectuados por el Solicitante.
2. La identificación de especímenes, resistencia especificada (F<sub>b</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021.

  
-----  
Carla Evelin Vargas Torbio  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## **FICHAS TÉCNICAS**

Anexo 17. Ficha técnica de calibración de prensa de concreto.

 <b>PERUTEST S.A.C</b> CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA RUC N° 20602182721		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>PT - LF - 061 - 2021</b>	
<i>Área de Metrología</i> <i>Laboratorio de Fuerza</i>		Página 1 de 3	
1. Expediente	0244-2021	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>	
2. Solicitante	QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.		
3. Dirección	AV. AMERICA SUR 4138 URB. SAN ANDRES - TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD.		
4. Equipo	<b>PRENSA DE CONCRETO</b>		
Capacidad	2000 kN		
Marca	ALFA		
Modelo	B-001/LCD/2		
Número de Serie	050220/21		
Procedencia	NO INDICA		
Identificación	NO INDICA		
Indicación	DIGITAL		
Marca	ALFA		
Modelo	B001-2DI4C		
Número de Serie	NO INDICA		
Resolución	0.1 / 0.1 kN (*)		
Ubicación	LABORATORIO DE CONCRETO		
5. Fecha de Calibración	2021-04-12		
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	 	
2021-04-13	 MANUEL ALEJANDRO AJIAGA TORRES		
Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima email: ventasperutest@gmail.com celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158			



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

## PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA  
RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 061 - 2021

Página 2 de 3

#### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

#### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.  
MZA. G LOTE. 16 INT. 208 URB. VISTA HERMOSA LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO

#### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18.7 °C	18.7 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

#### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE-038-21
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1131- 2020

#### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima  
email: [ventasperutest@gmail.com](mailto:ventasperutest@gmail.com) celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158





# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 061 - 2021

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				
	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)	$F_4$ (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100	100.8	99.7	100.8	100.3
20	200	201.1	200.8	200.8	200.9
30	300	302.2	301.3	301.5	301.5
40	400	401.9	401.3	401.6	401.5
50	500	502.6	501.7	501.6	501.8
60	600	602.5	601.6	601.6	601.9
70	700	702.3	701.7	701.9	701.9
80	800	802.3	802.1	802.6	802.3
90	900	901.3	900.9	901.2	901.2
100	1000	1001.9	1001.5	1001.4	1001.5
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo $F$ (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $c$ (%)	
100	-0.27	1.10	-0.20	0.10	0.82
200	-0.43	0.15	-0.02	0.05	0.58
300	-0.50	0.30	0.03	0.03	0.59
400	-0.37	0.15	0.04	0.03	0.58
500	-0.37	0.20	0.03	0.02	0.58
600	-0.31	0.15	-0.02	0.02	0.58
700	-0.26	0.10	0.01	0.01	0.58
800	-0.29	0.06	-0.02	0.01	0.58
900	-0.13	0.04	-0.02	0.01	0.58
1000	-0.15	0.04	0.01	0.01	0.58

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (%)	0.00 %
-----------------------------------	--------



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Calle: Yahuar Huaca 215 - Urb San Agustín - Comas - Lima  
email: [ventasperutest@gmail.com](mailto:ventasperutest@gmail.com) celulares: 955618013 - 982337399 - #947419158



# HOJA TÉCNICA

## Sikament® TM-190

Superplastificante Reductor de agua de alto rango

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

**Sikament® TM-190** es un aditivo líquido, color café. Superplastificante, reductor de agua de alto poder que produce en el concreto una consistencia superfluida o permite una alta reducción de agua de amasado. No contiene cloruros.

#### USOS

**Sikament® TM-190** se caracteriza por su alto poder dispersante que permite una perfecta distribución de las partículas de cemento del concreto, provocando una muy completa hidratación, obteniendo así la máxima eficiencia del cemento. Este aditivo está especialmente indicado para facilitar el bombeo de concreto.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

**Sikament® TM -190** proporciona los siguientes beneficios tanto al concreto fresco como al concreto endurecido:

- Mejora considerablemente la trabajabilidad de la mezcla.
- Disminuye el riesgo de patologías de falla en el concreto de estructuras densamente armadas y esbeltas.
- Mejora considerablemente el acabado del concreto y reproduce la textura de la formaleta.
- Se puede emplear para recuperar el asentamiento perdido en el concreto premezclado.
- Evita la segregación y disminuye la exudación del concreto fluido.
- Disminuye los tiempos de vibrado del concreto.
- Puede redosificarse el material hasta completar una dosis del 2% del peso del cemento sin alterar la calidad.
- Reduce considerablemente la permeabilidad del concreto, aumentando su durabilidad.
- Densifica el concreto y mejora su adherencia al acero de refuerzo.
- Reduce en alto grado la exudación y la retracción plástica.
- Gran economía en los diseños por la reducción de cemento alcanzable.

## DATOS BÁSICOS

<b>FORMA</b>	<b>ASPECTO</b> Líquido  <b>COLOR</b> Pardo Oscuro  <b>PRESENTACIÓN</b> Granel x 1 L Dispenser x 1000 L
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> 1 año en su envase original bien cerrado y bajo techo.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD</b> 1.21 ± 0.01 Kg/L  <b>NORMA</b> Sikament® TM-190 cumple normas ASTM C 494, aditivo tipo F

## INFORMACIÓN DEL SISTEMA

<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> <b>DOSIFICACIÓN</b> 0.5% al 2.0% del peso del cemento. La dosis óptima debe determinarse mediante ensayos preliminares.
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>APLICACIÓN</b> Como plastificante o superplastificante: - Adicionar la dosis escogida de Sikament® TM-190 en la última porción del agua de amasado de la mezcla. Reducir agua y trabajar justo con la trabajabilidad requerida. Al reducir agua la mezcla pierde trabajabilidad muy rápido. Colóquela y vibrela inmediatamente. Puede usarse combinándolo con la dosis adecuada de un plastificante retardante del tipo: Plastiment® TM-12 con el fin de atenuar este fenómeno.  <b>PRECAUCIÓN</b> La elaboración de concreto o mortero fluido exige una buena distribución granulométrica. Se debe garantizar un suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluido. En caso de deficiencia de finos dosificar Sika® Aer para incorporar del 3% al 4% de aire en la mezcla. El uso de concreto fluido demanda un especial cuidado en el sellado de las formaletas para evitar la pérdida de la pasta. La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de la obra. Al adicionar Sikament® TM-190 súper fluidificar una mezcla con asentamiento menor de 5 cm, el efecto súper plastificante se reduce notablemente y se incrementan los requerimientos del aditivo. Cuando se emplea para recuperar la bombeabilidad de una mezcla perdida por demoras en la colocación y se desea plasticidad por más de 1 hora adicional, agregue un plastificante retardante y luego Sikament® TM-190 o Sikament® -306.

---

Los mejores resultados se obtienen cuando los componentes que intervienen en la preparación del concreto cumplen con las normas vigentes. Dosificar por separado cuando se usen otros aditivos en la misma mezcla, si se emplea un plastificante retardante añadirlo previamente al Sikament® TM- 190. El curado del concreto con agua y/o Sika®Antisol® S antes y después del fraguado es indispensable.

---

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

---

### PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACION

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

---

### OBSERVACIONES

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

---

### NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

---

**PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sikament® TM-190 :**

**1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS**



**2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL**



Sika Perú S.A.C.  
Concrete  
Habilitación Industrial El  
Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.C.  
CG, Departamento Técnico  
Telf: 618-6060  
Fax: 618-6070  
Mail: [informacion@pe.sika.com](mailto:informacion@pe.sika.com)



© 2014 Sika Perú S.A.C.

Hoja Técnica  
Sikament® TM-190  
01.08.16, Edición 1



ANEXO 19.- Especificaciones técnicas de Diamond Grid.

# GEOGRID FUERTE COMO EL CONCRETO, FLEXIBLE COMO EL ASFALTO.

## ESPECIFICACIONES

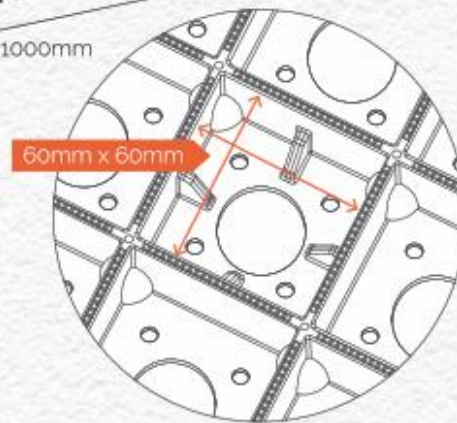
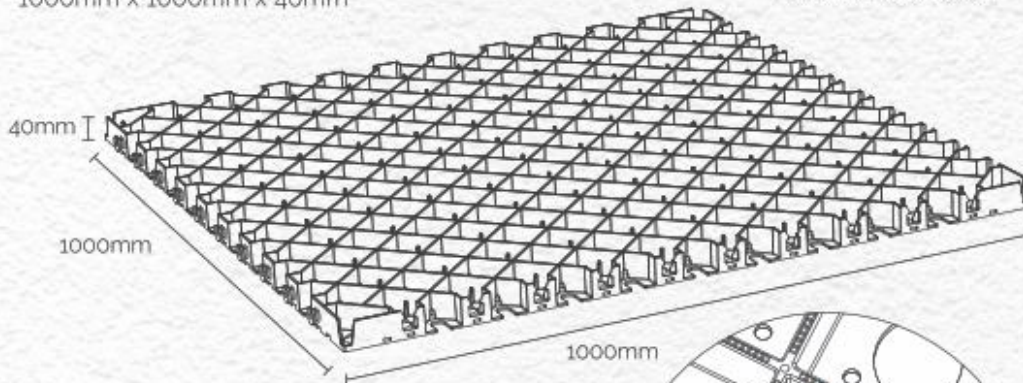
### DIAMOND GRID HD

1000mm x 1000mm x 40mm



PROYECTOS  
CIVILES / MINERÍA / AGROINDUSTRIA

www.diamondgrid.com



<b>Medidas</b>	1000mm W x 1000mm L x 40mm H
<b>ASTM D 2166</b> Resistencia a la compresión (prueba con relleno)	1000+ ton/m <sup>2</sup>
<b>ASTM D 2166</b> Resistencia a la compresión (prueba sin relleno)	300 ton/m <sup>2</sup>
<b>ASTM C 293</b> Resistencia a la flexión (prueba con relleno)	2.2 ton
<b>ASTM C 293</b> Resistencia a la flexión (prueba sin relleno)	0.2 ton
<b>Peso por celda</b>	6 Kg.
<b>Razón de llenado por celda</b>	1 metro cúbico de relleno x 25m <sup>2</sup>
<b>Permeabilidad</b>	Hasta 96%
<b>Relleno</b>	Material base, grava, guijarros, pasto, tierra, concreto, alquitrán
<b>Instalación</b>	Ver la siguiente página / Contáctenos

**Diamond Grid HD está reforzado con escuadras de alta resistencia al desgaste y más espacios vacíos para permitir mayor permeabilidad del agua.**

DIAMOND GRID HD esta especialmente diseñado para aplicaciones civiles, mineras y agroindustriales. Su tamaño extremadamente adaptable de 1000mm x 1000mm, protege el suelo contra la erosión, mejora el drenaje, fortalece el terreno en vías de acceso, losas de concreto para patio de maniobras, estacionamientos, refuerzos con bitumen asfáltico y muchas aplicaciones más. Diamond Grid asegura la durabilidad frente a cargas pesadas y al uso constante.



\* Probado por: Facultad de Ingeniería y Centro de Excelencia de Estudios en Compuestos de Fibra Artificial, Universidad de Southern Queensland.

Perú | Av. Los Tulipanes Mz. G Lt. 14, Lima 16 - Perú • peru@diamondgrid.com • (+51) 949 232 479

ANEXO 20.- Formato de conteo vehicular.



Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA: INICIO DE AVENIDA INDUSTRIAL (1KM)

SENTIDO: E ← S →

UBICACION: E ← S →

ESTACION: CODIGO DE LA ESTACION

DIA Y FECHA:

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS					BUS			CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER		
			PICK UP	PANEL	RURAL Coombi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S/2SS2	2SS	3S/3SS2	>= 3SS	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01																			
01-02																			
02-03																			
03-04																			
04-05																			
05-06																			
06-07																			
07-08																			
08-09																			
09-10																			
10-11																			
11-12																			
12-13																			
13-14																			
14-15																			
15-16																			
16-17																			
17-18																			
18-19																			
19-20																			
20-21																			
21-22																			
22-23																			
23-24																			

ENCUESTADOR: \_\_\_\_\_

JEFE DE BRIGADA: \_\_\_\_\_

INGRESPONS: \_\_\_\_\_

SUPERV/MTC: \_\_\_\_\_

## **PANEL FOTOGRÁFICO**

**ANEXO 21.- Realización de calicatas.**



**Figura 60.** Elaboración de calicatas.



**ANEXO 22.- Ensayo de mecánica de suelos – Contenido de humedad**



**Figura 61.** Elaboración del ensayo Contenido de humedad.

**ANEXO 23.- Ensayo de mecánica de suelos – Límites de consistencia.**



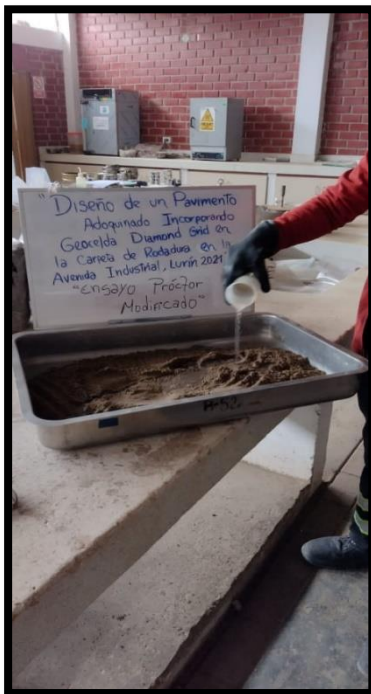
**Figura 62.** Elaboración del ensayo Límites de consistencia.

**ANEXO 24.-** Ensayo de mecánica de suelos – Análisis granulométrico por tamizado.



**Figura 63.** Elaboración del ensayo Granulométrico por tamizado.

**ANEXO 25.-** Ensayo de mecánica de suelos – Proctor modificado.



**Figura 64.** Elaboración del ensayo Proctor modificado.

**ANEXO 26.- Ensayo de mecánica de suelos – CBR.**



**Figura 65.** Elaboración del ensayo CBR.

**ANEXO 27.- Diseño de mezcla-Granulometría del agregado fino.**



**Figura 66.** Elaboración del análisis granulométrico del agregado fino



**ANEXO 28.-** *Diseño de mezcla-Granulometría del agregado grueso.*



**Figura 67.** Elaboración del análisis granulométrico del agregado fino.

**ANEXO 29.-** *Diseño de mezcla-Peso unitario del agregado grueso.*



**Figura 68.** Elaboración del ensayo peso unitario del agregado grueso.



**ANEXO 30.-** *Diseño de mezcla-Peso unitario del agregado fino.*



**Figura 69.** *Elaboración del ensayo peso unitario del agregado fino.*

**ANEXO 31.-** *Resistencia a la compresión. – Adoquín Tipo III ( 3, 7 y 28 días.)*



**Figura 70.** *Resistencia a la compresión. – Adoquín Tipo III ( 3, 7 y 28 días.)*

**ANEXO 32.- Resistencia a la compresión. – Adoquín Tipo I ( 3, 7 y 28 días).**



**Figura 71.** Resistencia a la compresión. – Adoquín Tipo I ( 3, 7 y 28 días.)

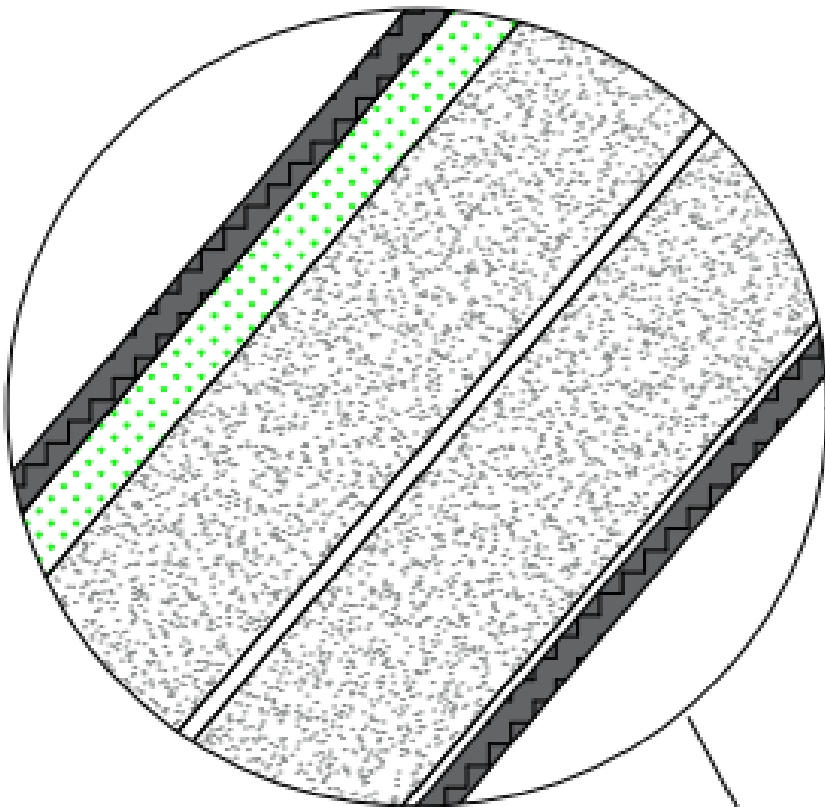


**ANEXO 33.- Resistencia a la compresión. – Diamond Grid 280kg/cm<sup>2</sup> ( 3, 7 y 28 días).**

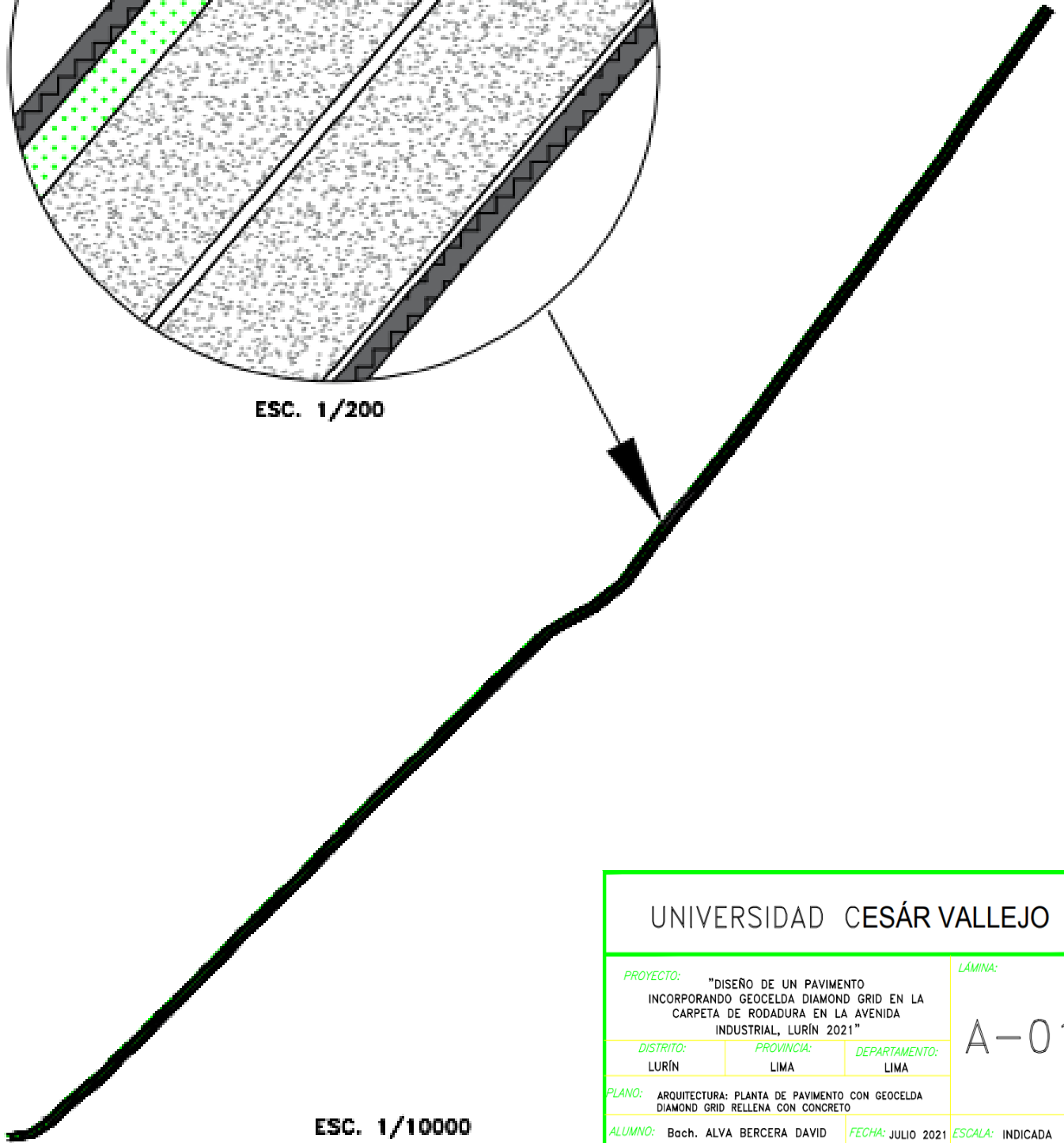


**Figura 72.** Resistencia a la compresión. – Diamond Grid 280 kg/cm<sup>2</sup> ( 3, 7 y 28 días.)

## PLANOS



ESC. 1/200



ESC. 1/10000

## UNIVERSIDAD CESÁR VALLEJO

**PROYECTO:** "DISEÑO DE UN PAVIMENTO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURÍN 2021"

**LÁMINA:**

A-01

**DISTRITO:**  
LURÍN

**PROVINCIA:**  
LIMA

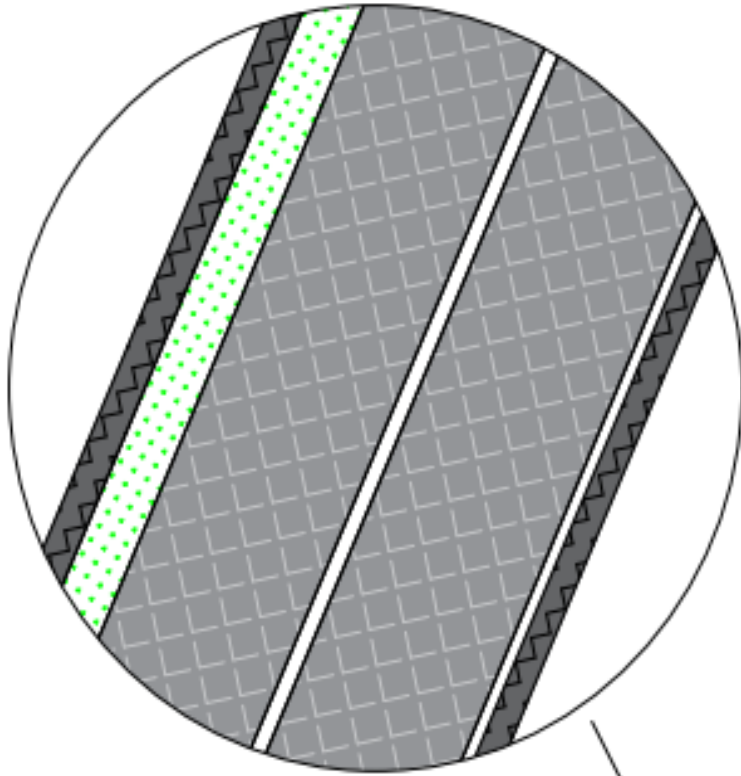
**DEPARTAMENTO:**  
LIMA

**PLANO:** ARQUITECTURA: PLANTA DE PAVIMENTO CON GEOCELDA DIAMOND GRID RELLENA CON CONCRETO

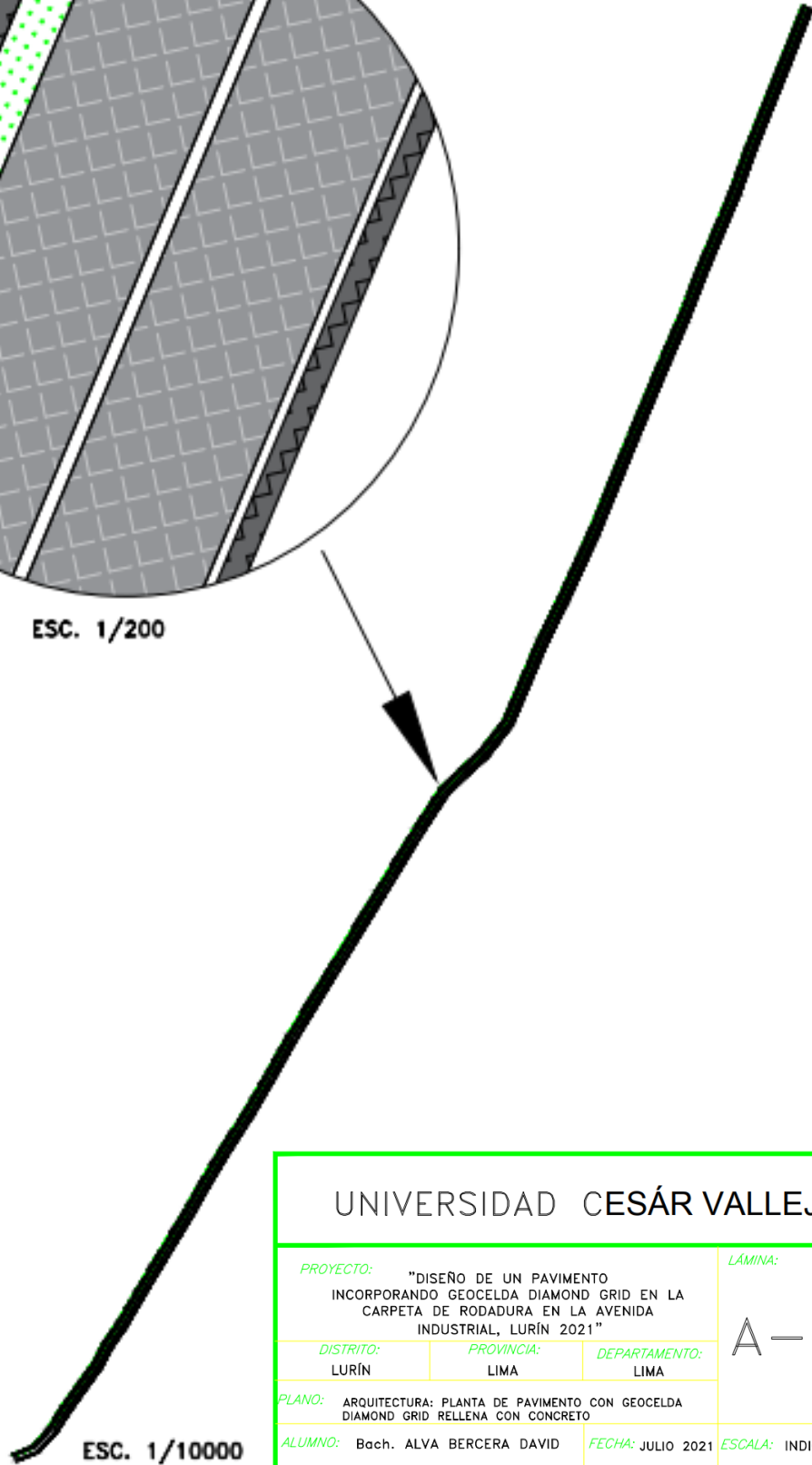
**ALUMNO:** Bach. ALVA BERGERA DAVID

**FECHA:** JULIO 2021

**ESCALA:** INDICADA



ESC. 1/200



ESC. 1/10000

## UNIVERSIDAD CESÁR VALLEJO

**PROYECTO:** "DISEÑO DE UN PAVIMENTO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURÍN 2021"

**DISTRITO:**  
LURÍN

**PROVINCIA:**  
LIMA

**DEPARTAMENTO:**  
LIMA

**PLANO:** ARQUITECTURA: PLANTA DE PAVIMENTO CON GEOCELDA DIAMOND GRID RELLENA CON CONCRETO

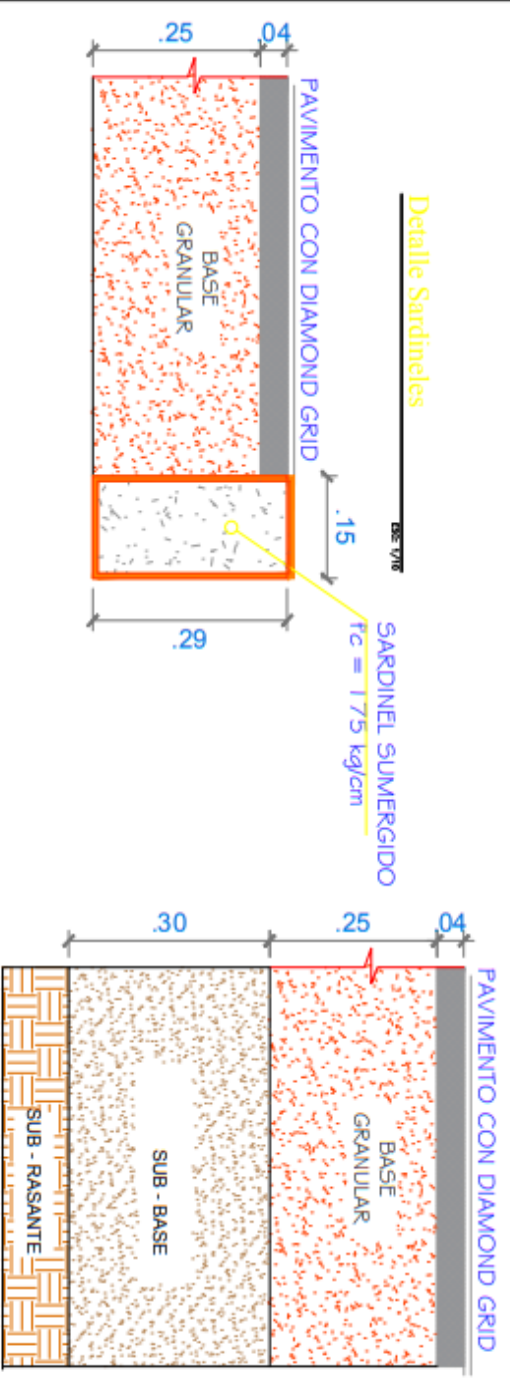
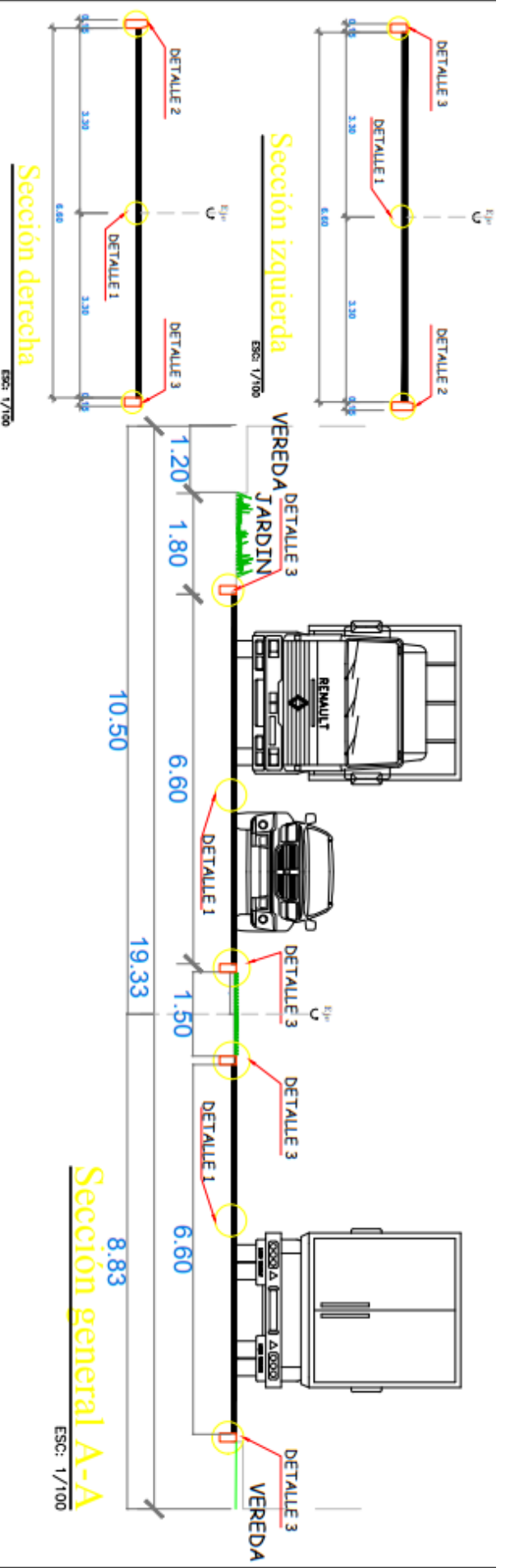
**ALUMNO:** Bach. ALVA BERCERA DAVID

**FECHA:** JULIO 2021

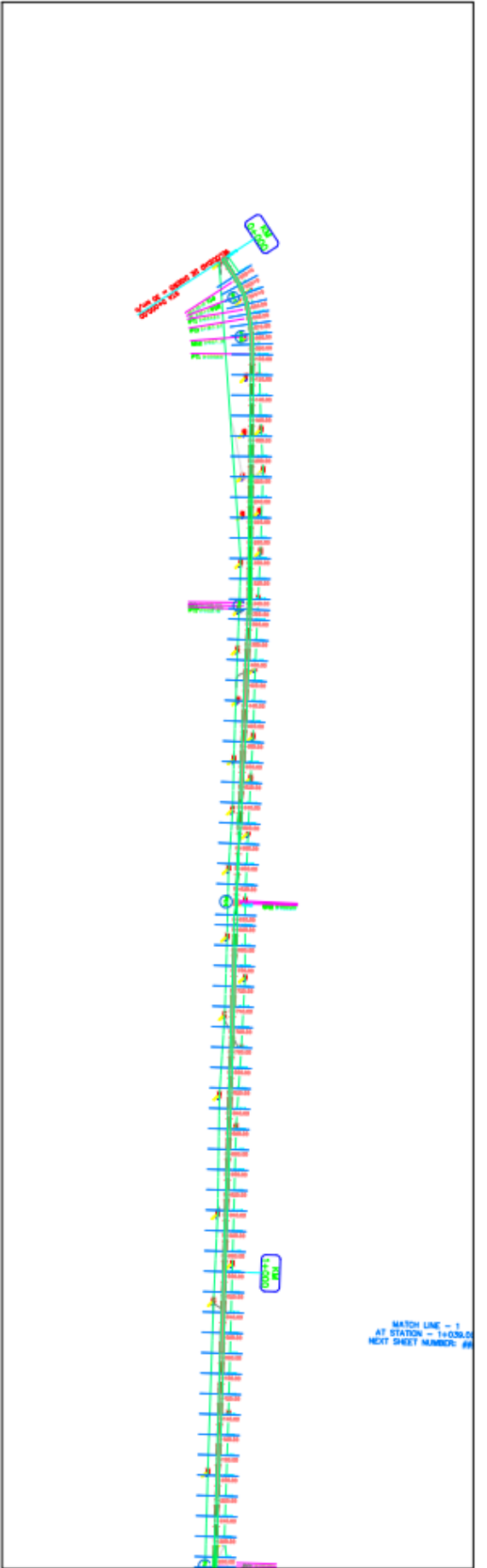
**LÁMINA:**

A-02

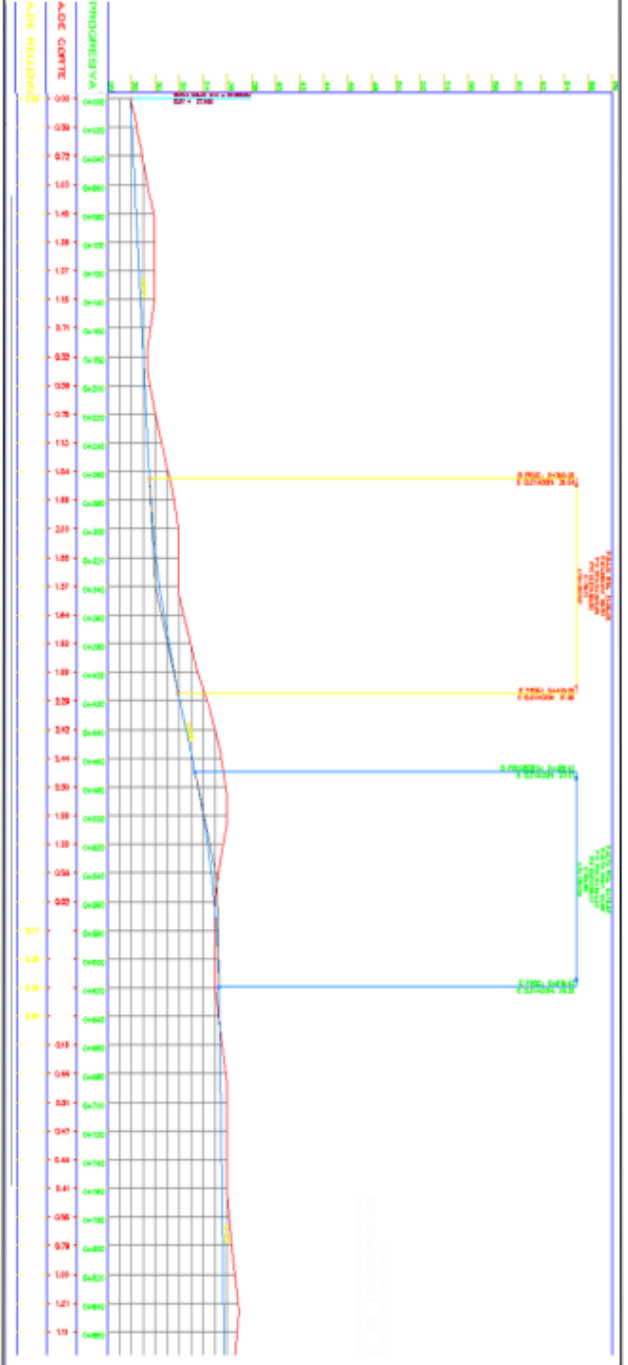
**ESCALA:** INDICADA



<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>		<b>LABORO</b>	
PROYECTO: TALLER DE IN INGENIERIA			
MONOPOLARIO SECCION TRANSVERSA EN LA			
CALLETA DE ESTACIONAMIENTO EN LA AVENIDA			
INDUSTRIAL, LIMA 2021			
DOCENTE:	PROFESOR:	ADMINISTRATIVO:	
LABOR:	LABOR:	LABOR:	
ALUMNO: Ben. ALVA BENIGNO SANDO		FECHA: AÑO 2021	ESCALA: METRICA
		<b>D-01</b>	



PLANTA:



PERFIL:

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

PROYECTO:

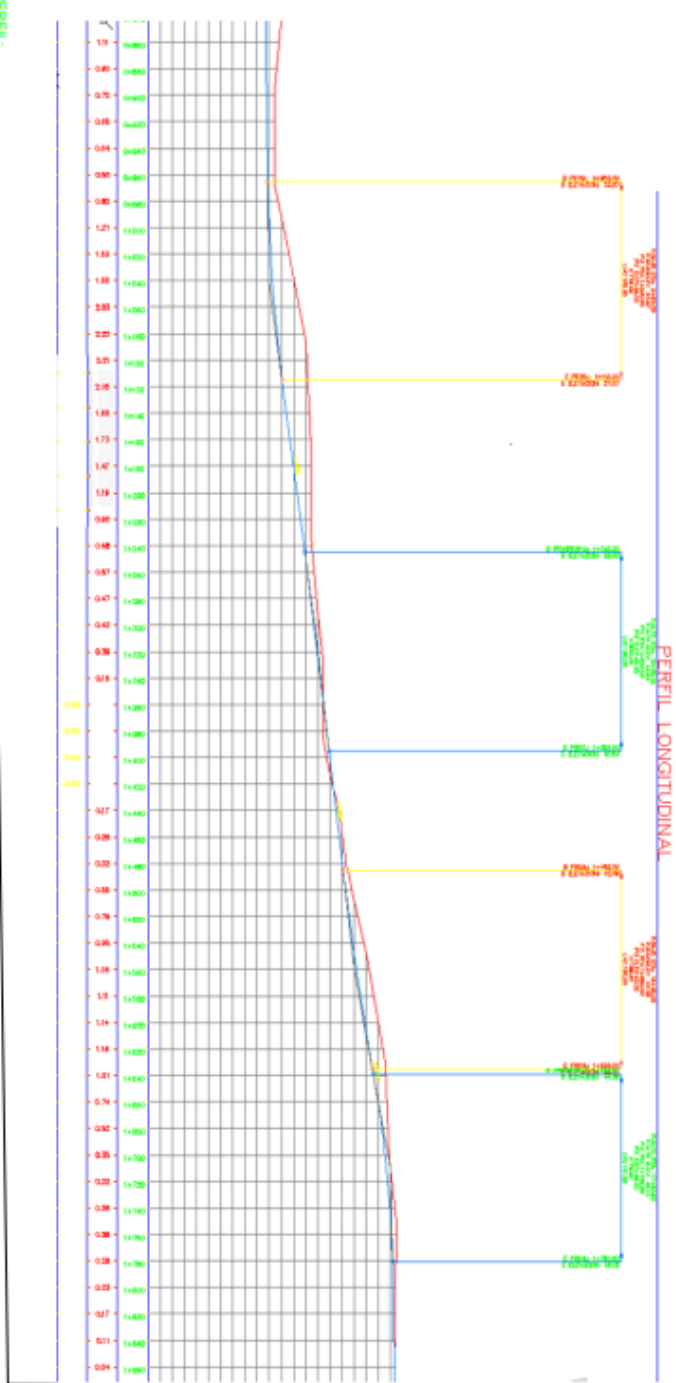
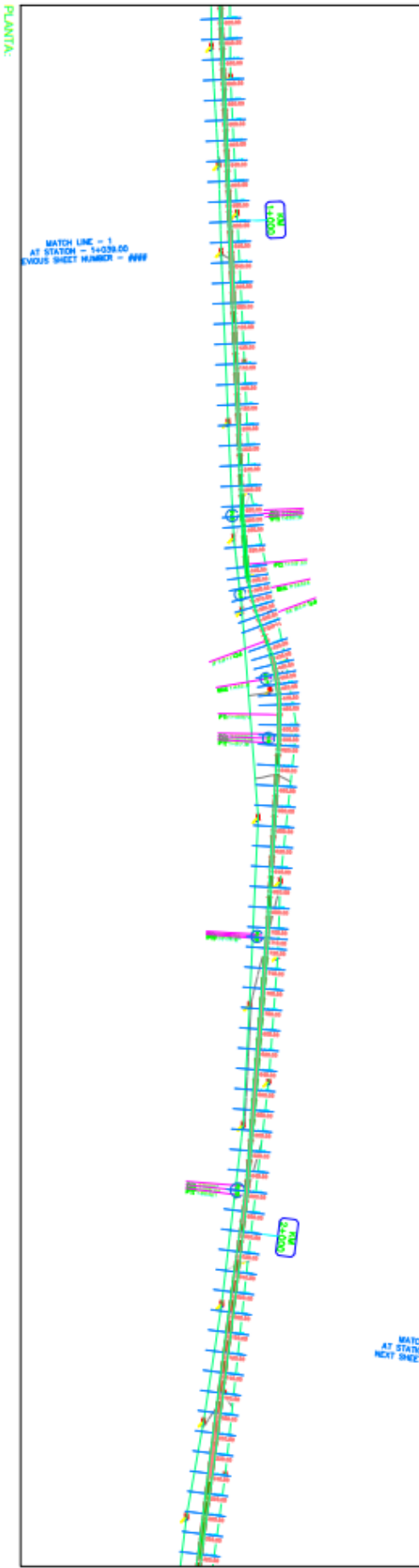
DISEÑO DE UN PAVIMENTO APOYADO INCORPORANDO  
 GEOTEXILAS REFORZADAS EN LA CARPETA DE BONDAMBA  
 EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LIBRENO SUR

CATEDRÁTICO	PROFESOR	ESTUDIANTE	TÍTULO
ING. ALVA BERTHA DAVID	ING. ALVA BERTHA DAVID	ING. ALVA BERTHA DAVID	ING. ALVA BERTHA DAVID

**DG-01**

ESCALA: 1:2000





**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

PROYECTO: TIRISNO DE ENPAVAMENTO ADOSADO INCORPORANDO GEOMETRIA EDUARDO GARDIN LA CABRERA E RECONSTRUCCION EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LIRISA 2021

LIBRO: LIRISA

PROYECTO: LIRISA

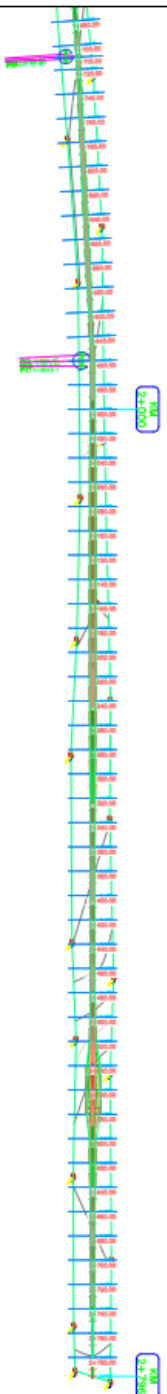
DISEÑO GEOMETRICO - PERFIL LONGITUDINAL

ING. ALVA BERCELA DAVID

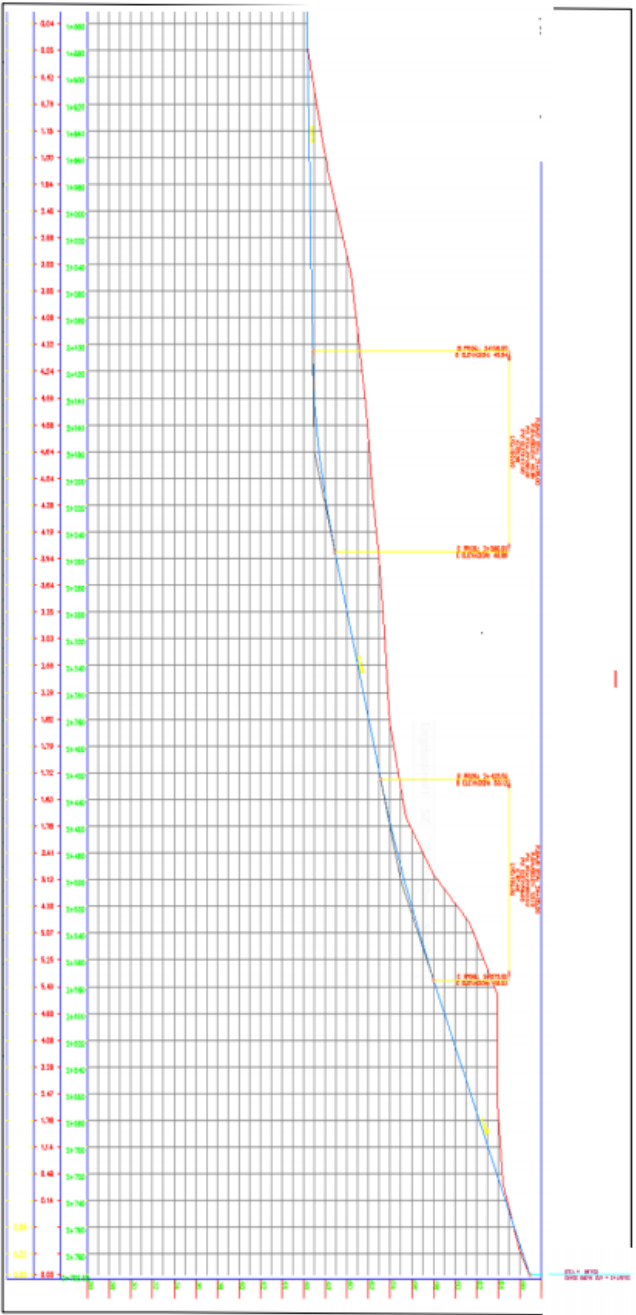
PROF. ELIO SURI

ESCALA: 1:200

**DG-02**



PLANTA:



PERFIL:

<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>		LIMA	
		LIMA	
PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOPCIONADO INCORPORANDO GEOMETRIA DEBIDO A LA CARRETERA DE BARRANDERA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LIMA SUR"			
INSTITUCION: UNIV. CESAR VALLEJO	FACULTAD: INGENIERIA CIVIL	DEPARTAMENTO: LIMA	TITULO: BACH. ALVA BERCELA DAVID
PLANO: DISEÑO GEOMETRICO - PERFIL LONGITUDINAL		ESCALA: 1:200	
AUTOR: BACH. ALVA BERCELA DAVID		FECHA: JULIO 2011	
<b>DG-03</b>			

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

PROYECTO:  
 TITULO DE UN PAVIMENTO ADOPCIONADO INCORPORANDO  
 GEOMETRIA DE CAMPO GRADIENTE EN LA CARRETERA DE EXPANSION  
 EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LIMA 2017

SECCIONES TRANSVERSALES

LIBRO: LIMA

HOJA: LIMA

**DG-04**

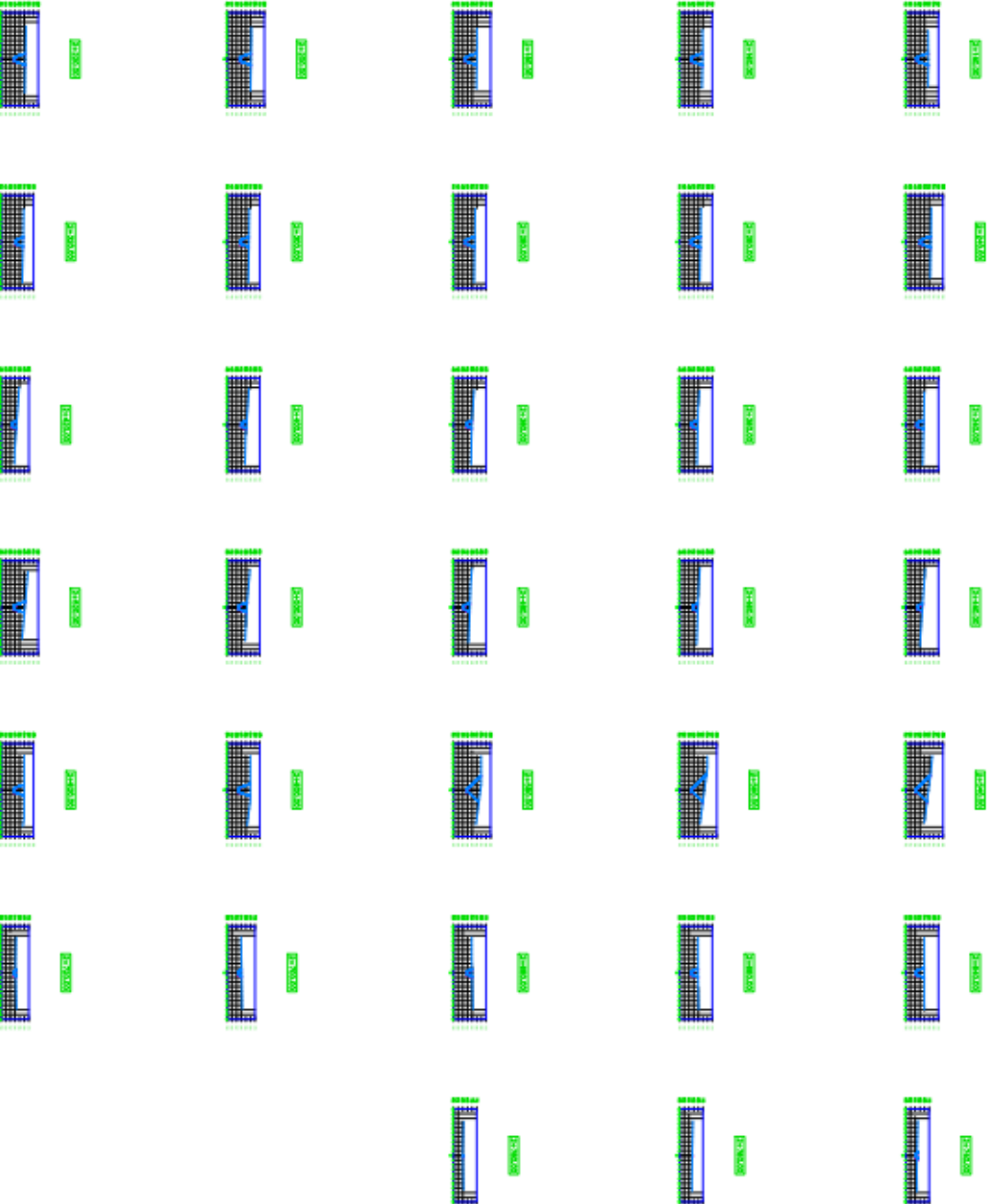
ELABORADO: DAVID ALVA BARRERA DAVID

FECHA: 01/10/2017

ESCALA: 1:1000







<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>			
PROYECTO			
TORNILLO DE EN PAVIMENTO ADOPCIÓN INCORPORANDO GEOMETRÍA DIMENSIONADO CERO EN LA CUBIERTA DE RODADERA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL LIBRETA S02			
LÍNEA			
SECCIONES TRANSVERSALES			
AUTOR		FECHA	
ING. ALVA HERRERA HAYDI		15/01/2021	
LÍNEA			ESCALA
<b>DG-07</b>			1/1000



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, ALVA BERCERA DAVID estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ADOQUINADO INCORPORANDO GEOCELDA DIAMOND GRID EN LA CARPETA DE RODADURA EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, LURÍN 2021.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
ALVA BERCERA DAVID <b>DNI:</b> 74595476 <b>ORCID</b> 0000-0003-1893-0380	Firmado digitalmente por: AALVABE el 01-08-2021 20:13:16

Código documento Trilce: INV - 0305626