

El contenido de humedad y el valor de soporte en suelos cohesivos en el distrito de Independencia

Resumen

Alfredo Huaman Livia

Bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM) - Huaraz - Áncash, conocimiento en el área de suelo, concreto y pavimento, capacitado en EMV. Laboratorios y Construcción EIRL, en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y otros.

ahuamanl@unasam.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-6396-848X>

Elio Milla Vergara

Ingeniero Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Maestro en Ingeniería Geotécnica de la Universidad Nacional de Ingeniería Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo sostenible de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Docente principal de la Facultad de Ingeniería Civil - UNASAM

emillav@unasam.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-9931-0970>

Daylu Pagola Ávila

Bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM) – Huaraz - Áncash

dpagolaa@unasam.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0007-8976-9236>

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la incidencia y relación del contenido de humedad (CH) en el valor de soporte (CBR) y la densidad del suelo cohesivo a nivel de subrasante en el barrio de Shancayán, Huaraz, Áncash, para condiciones de 12, 26 y 55 golpes por capa. A partir de estos datos, se elaboraron mapas de isolíneas de CBR utilizando las herramientas Excel y OriginPro 2019b. Se adoptó un enfoque cuantitativo, con un método deductivo, diseño experimental y corte transversal. Los instrumentos empleados fueron fichas de recolección de datos y formatos de laboratorio, mientras que las fuentes consultadas incluyeron normativas del MTC, artículos científicos, tesis y libros especializados. Los resultados obtenidos para penetraciones de 0.1” y 0.2” muestran que los valores de CBR y densidad aumentan inicialmente con el contenido de humedad, para luego disminuir a medida que el CH supera ciertos niveles. En particular, se observó que los valores de CH óptimos para obtener el máximo CBR son 13.5%, 12.5% y 10.45% para condiciones de 12, 26 y 55 golpes por capa, respectivamente. Se concluye que para valores de 13.5%, 12.5% y 10.45% para 12, 26 y 55 golpes por capa respectivamente, la relación del CH con el valor de CBR, por encima del contenido de humedad óptima (CHO), es inversamente proporcional. Sucede lo contrario para la relación del CH con el valor de densidad por debajo del CHO.

Palabras claves: Cbr, Contenido de Humedad, Energía de Compactación

Cómo citar este artículo: Huaman Livia, A., Milla Vergara, E. ., & Pagola Ávila, D. . (2024). El contenido de humedad y el valor de soporte en suelos cohesivos en el distrito de Independencia. *Aporte Santiaguino*, 17(2), Pág. 171–180. <https://doi.org/10.32911/as.2024.v17.n2.1171>

Recibido: 2024-08-17 | **Aceptado:** 2024-11-12

Moisture content and support value in cohesive soils in the Independence district

In this research, the objective was to determine the incidence and relationship of moisture content (CH) in the Support Value (CBR) and density for 12, 26 and 55 strokes per layer for the cohesive soil at the subgrade level of the Shancayan neighborhood. -Huaraz-Ancash, with which CBR isoline maps were created using Excel and OriginPro 2019b. The method is deductive, quantitative approach, experimental and transversal design. The instruments used are data collection sheets, laboratory formats. The sources used are the MTC, scientific article, thesis, books. The results for 0.1" and 0.2" penetration show CBR and Density values that increase and then decrease for different CH. Finally, it is concluded that for values of 13.5%, 12.5% and 10.45% for 12, 26 and 55 strokes per layer respectively, the relationship of the CH with the CBR value above the optimal moisture content (CHO), have an inverse relationship. proportional. The opposite happens for the relationship between CH and the density value below CHO.

Keywords: Cbr, Moisture Content, Compaction Energy

Introducción

En los proyectos de construcción de carreteras en el Perú, es común encontrar suelos cohesivos, los cuales requieren una serie de ensayos técnicos, incluyendo la determinación del valor de soporte (CBR). Este parámetro es fundamental tanto para el diseño como para la ejecución del pavimento. Según la norma MTC E132, para los suelos granulares el ensayo de CBR se realiza considerando únicamente el óptimo contenido de humedad (CHO). Sin embargo, en el caso de los suelos cohesivos, la norma establece que se deben realizar ensayos con diferentes porcentajes de humedad para evaluar adecuadamente su comportamiento. Para llevar a cabo el ensayo de CBR en suelos cohesivos, se requiere utilizar tres moldes de 6 pulgadas de diámetro, llenos con la muestra en 5 capas. Cada molde se

compacta con diferentes números de golpes por capa: 55 golpes para el molde 1, 26 golpes para el molde 2, y 12 golpes para el molde 3. No obstante, en muchos laboratorios, debido a las exigencias de las empresas y los tiempos ajustados de ejecución, se realizan estos ensayos de manera apresurada, omitiendo controles esenciales establecidos en la norma MTC E132. Entre los parámetros que deben ser medidos cuidadosamente se encuentran el tiempo de saturación, los contenidos de humedad, las energías de compactación, entre otros. El incumplimiento de estos controles puede comprometer la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos, afectando potencialmente el diseño y desempeño de las estructuras viales.

Según Pariona Quintana (2014), la humedad y la energía de compactación interactúan utilizando una prueba factorial para determinar la eficiencia de resistencia del material utilizado para subbase. Cuando el material es seco, la resistencia es mayor. Sin embargo, los mapas de resistencia optimizados pueden tener áreas donde el material se encuentra más seco y no requiere mucha compactación para lograr una alta resistencia.

Feo y Alvarado (2012) realizaron pruebas factoriales sobre material de limo arcilloso obtenido de una colección de materiales seleccionados para construir el núcleo de una Presa con los siguientes parámetros: 70% pasa T200, IP= 24, CHO= 28.6 % y DMS=1458.5 kg/m³. Las muestras utilizadas fueron homogenizadas, cuarteadas y secadas al aire. Se prepararon 15 muestras compactadas usando un martillo estándar en un molde Proctor de 6 pulgadas a diferentes variaciones de humedad y grados variables de compactación.

Hoy en día vemos que se realizan ensayos para materiales de sub base, base, afirmado y material de relleno, dejando en segundo plano a la sub rasante. Los diferentes tipos de suelos a nivel de sub rasante, que presentan propiedades cohesivas variadas, son materia de investigación. Se realiza todos los ensayos posibles, manteniendo un estricto cumplimiento de las normas. La relación de humedad, densidad y resistencia es muy

peculiar para diferentes tipos de suelos, los cuales se obtienen a través de mapas de resistencia que relacionan con calidad garantizada el laboratorio con el campo.

El objetivo del estudio es determinar la relación del CH en el valor de CBR y densidad de suelo cohesivo a nivel de sub rasante, así como comparar la relación entre el CH y el valor de CBR por encima del contenido de humedad óptima para 12, 26 y 55 golpes por capa y establecer la relación entre el CH y la densidad por debajo del contenido de humedad óptima para 12, 26 y 55 golpes por capa.

Figura 1

Muestra para compactación y CBR



La población estuvo compuesta por los suelos cohesivos a nivel de sub rasante en la ciudad de Huaraz. Las muestras de suelo cohesivo se obtuvieron del barrio de Shancayán, distrito de Independencia, provincia de Huaraz. Debido a la complejidad de los ensayos con diferentes contenidos de humedad en el suelo cohesivo a nivel de sub rasante, el espécimen elegido fue del tipo no probabilístico, realizando un muestreo por conveniencia

Relación entre contenido de humedad, densidad y CBRs de los valores obtenidos de la ecuación polinómica de grado 3 a 0.1” y 0.2” de penetración

El mapa de resistencia se obtuvo a través de la matriz de interpolación en el programa OriginPro 2019b, que muestra las curvas de nivel de los valores de CBR para CH y densidades diversas. Se ordenó de menor número de golpes/capa a mayor número de golpes/capa. La Tabla 1 muestra los 8 valores de CH (%), densidad (g/cm^3) y CBR (%) a 0,1” y 0,2” de penetración para 12, 26 y 55 golpes/capa, ordenados de manera ascendente.

Materiales y métodos

Por la naturaleza de los datos, la investigación tiene un enfoque cuantitativo y un diseño transversal. Es experimental porque se manipuló las variables independientes que afectan a las dependientes. El método es deductivo porque se buscó realizar el análisis de la investigación partiendo de teorías universales para un contexto y lugar determinado. La investigación es descriptiva porque se describen los valores de contenidos de humedad y CBR obtenidos. Y es explicativa porque se detallan los efectos de contenido de humedad en el valor de CBR.

Tabla 1
Resultados de laboratorio

	CH (%)	Densidad (g/cm ³)	CBR (0.1")	CBR (0.2")
12 golpes/capa	8,69	1,66	3,72	2,96
	9,10	1,71	5,27	4,39
	10,78	1,74	5,05	4,02
	10,96	1,80	6,01	4,81
	12,64	1,89	12,58	12,40
	13,03	1,88	10,60	10,63
	14,70	1,85	5,50	5,41
	15,23	1,82	3,89	3,56
26 golpes/Capa	8,52	1,84	5,08	4,49
	9,05	1,90	8,19	7,06
	10,24	1,92	12,59	10,93
	11,09	1,96	16,58	15,10
	12,86	1,98	14,53	14,38
	13,05	1,97	12,43	12,44
	14,92	1,91	5,75	5,72
	15,07	1,84	3,88	3,61
55 golpes/capa	8,65	1,98	8,03	7,19
	9,07	2,02	14,02	13,68
	10,41	2,07	23,00	22,80
	11,24	2,04	28,69	28,54
	12,32	1,99	16,60	16,41
	12,86	1,97	14,92	13,74
	14,61	1,93	6,72	6,49
	15,18	1,84	4,39	3,95

El Mapa de Resistencias nos permite determinar el valor de CBR a 0,1" y 0.2" de penetración para suelos cohesivos. Es muy útil para los controles de campo y conocer el CH y la densidad seca, como se muestra en las figuras 2 y 3, respectivamente.

Figura 2
Cálculo de Isolénea de CBR

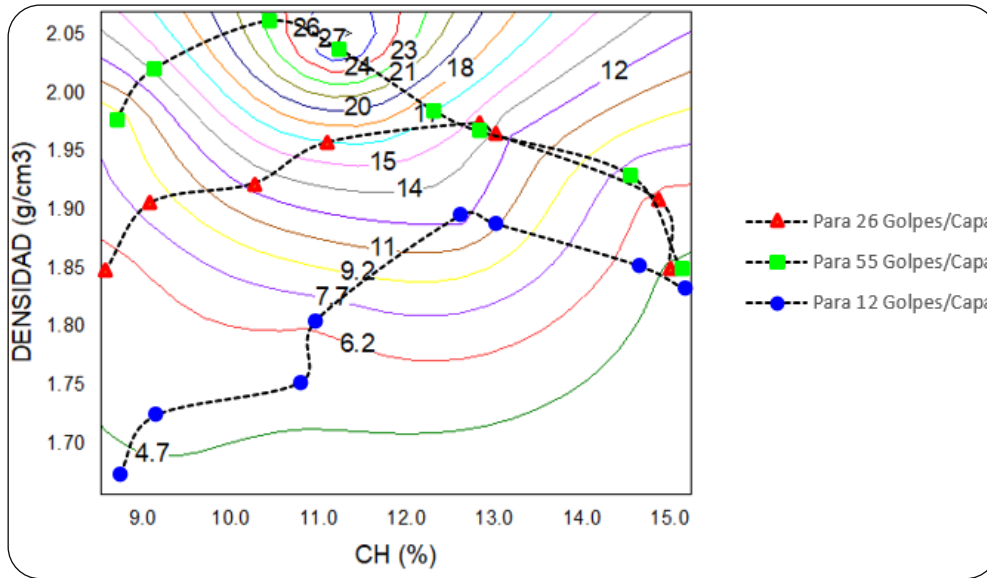
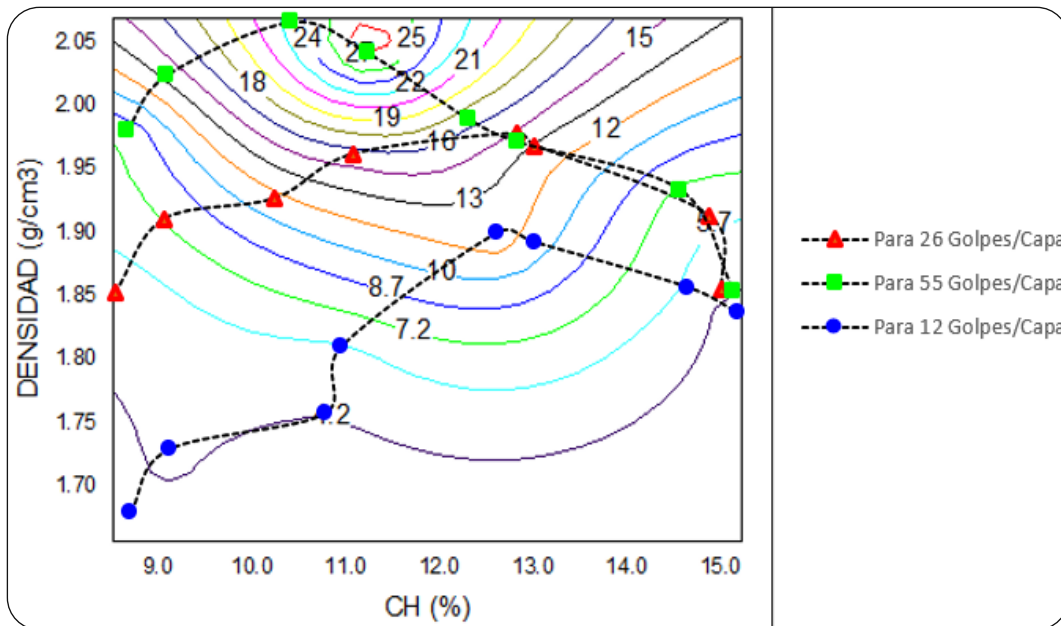


Figura 3
Cálculo de Isolénea de CBR



[El contenido de humedad y el valor de soporte en suelos cohesivos en el distrito de Independencia]

Relación entre contenidos de humedad, densidad y CBRs de los valores obtenidos sin corrección a 0.1” y 0.2” de penetración

El mapa de resistencia se obtuvo a través de la matriz de interpolación en el programa OriginPro 2019b, que mostró las curvas de nivel de los valores de CBR para CH y densidades diversas. Se ordenó de menor número de golpes/capa a mayor número de golpes/capa. La Tabla 2 muestra los 8 valores de CH (%), densidad (g/cm³) y CBR (%) a 0,1” y 0,2” de penetración para 12, 26 y 55 golpes/capa ordenados de manera ascendente.

Tabla 2
Resultados de laboratorio

	CH (%)	Densidad (g/cm ³)	CBR (0.1”)	CBR (0.2”)
12 golpes/capa	8,69	1,66	3,61	2,58
	9,10	1,71	5,17	3,79
	10,78	1,74	4,91	3,45
	10,96	1,80	5,69	4,14
	12,64	1,89	12,46	12,48
	13,03	1,88	11,94	9,87
	14,70	1,85	5,69	4,84
	15,23	1,82	3,87	3,27
26 golpes/capa	8,52	1,84	4,91	4,14
	9,05	1,90	8,30	6,23
	10,24	1,92	12,72	9,70
	11,09	1,96	16,11	13,86
	12,86	1,98	15,07	13,00
	13,05	1,97	14,02	11,95
	14,92	1,91	5,69	5,53
	15,07	1,84	3,87	3,27
55 golpes/capa	8,65	1,98	7,77	6,75
	9,07	2,02	14,29	13,17
	10,41	2,07	29,39	20,64
	11,24	2,04	34,34	26,19
	12,32	1,99	16,63	15,77
	12,86	1,97	15,07	12,48
	14,61	1,93	6,73	6,23
	15,18	1,84	4,39	3,62

El Mapa de Resistencias nos permite determinar el valor de CBR a 0,1” y 0,2” de penetración para suelos cohesivos. Es muy útil para los controles de campo y conocer el CH y la densidad seca (figuras 4 y 5).

Figura 4

Cálculo de Isolénea de CBR

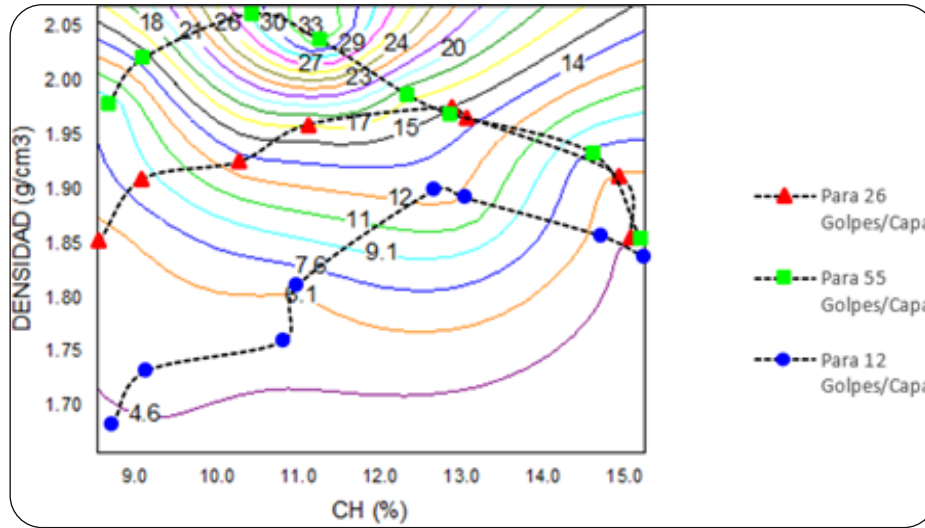
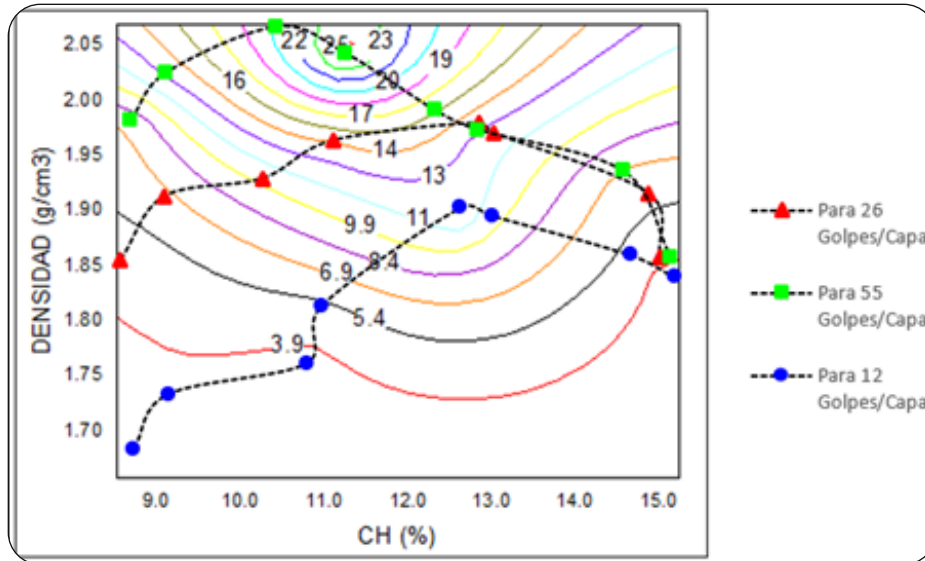


Figura 5

Cálculo de Isolénea de CBR



[El contenido de humedad y el valor de soporte en suelos cohesivos en el distrito de Independencia]

Discusión

En los ensayos de CBR, una vez finalizado el proceso de compactación, las muestras deben ser sumergidas en una poza durante un periodo de 4 días. Este procedimiento permite que el agua fluya desde la base hacia el interior de la muestra, asegurando una saturación adecuada. Este paso es crucial para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos (Figura 6).

Figura 6

Ensayo de CBR



Valores obtenidos de la ecuación polinómica de grado 3 a 0.1” y 0.2” de penetración

En la Figura 2, se observa el Mapa de Resistencia, que tiene valores de CBR (%) entre 4,7 % a 27 %, para valores de CH (%) entre 9 % a 15 % y valores de densidad (g/cm^3) entre 1,70 g/cm^3 a 2,05 g/cm^3 . En la Figura 3, se muestra el Mapa de Resistencia, que tiene valores de CBR (%) entre 4,2 % a 27 %, para valores de CH (%) entre 9 % a 15 % y valores de densidad (g/cm^3) entre 1,70 g/cm^3 a 2,05 g/cm^3 .

De los valores obtenidos sin corrección a 0.1” y 0.2” de penetración

En la Figura 4, se puede observar el Mapa de Resistencia, que tiene valores de CBR (%) entre 4,6 % a 33 %, para valores de CH (%) entre 9 % a 15 % y valores de densidad (g/cm^3) entre 1,70 g/cm^3 a 2,05 g/cm^3 . En la Figura 5, se observa el

Mapa de Resistencia, que tiene valores de CBR (%) entre 3,9 % a 25 %, para valores de CH (%) entre 9 % a 15 % y valores de densidad (g/cm^3) entre 1,70 g/cm^3 a 2,05 g/cm^3 . Estos procedimientos son similares a los efectuados por Feo y Alvarado (2012) quienes obtuvieron los resultados para valores de CBR (%) entre 40 % a 100 %, para valores de CH (%) entre 25 % a 38 % y valores de densidad (g/cm^3) entre 1,28 g/cm^3 a 1,52 g/cm^3 . El contenido de humedad tiene una relación inversa y directa con el valor de CBR y densidad, respectivamente, cuando se analiza por encima y por debajo del CH óptimo.

La relación del CH con el valor de CBR, por encima del contenido de humedad óptima para valores de 13,5% para 12 golpes por capa, 12,5 % para 26 golpes por capa y 10,45 % para 55 golpes por capa, es inversamente proporcional.

La relación del CH con el valor de densidad, por debajo del contenido de humedad óptima para valores de 13,5% para 12 golpes por capa, 12,5 para 26 golpes por capa y 10,45 % para 55 golpes por capa, es directamente proporcional.

Referencias

- Aburto Aburto, M. A., & Rodríguez López, D. (2011). *Caracterización de la resistencia de un material de banco para su uso como relleno compactado* [Tesis para optar título de ingeniero civil, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/466/A1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Braja, M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México: Thomson Editores S.A. <https://es.slideshare.net/ralvmrz/fundamentos-de-ingeniera-geotcnica-braja-m-das>
- Feo, C. L. E., & Alvarado, L. R. (Noviembre de 2012). *Uso de mapas de resistencia para el control de calidad en construcción de terraplenes de suelos cohesivos*. <https://fdocuments.mx/document/uso-de-mapas-de-resistencia-para-el-resistencia-al-corte-no-asi-en-suelos.html?page=2>
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Mecánica de suelos, Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Mexico: Limusa S.A. https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
- MTC. (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_5%20%20EM-2016.pdf
- Municipalidad Distrital de Independencia-Huaraz. (2019-2021). *Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del distrito de Independencia, provincia Huaraz, región Ancash*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/7072>
- Pariona Quintana, L. (2014). *Estudio de la resistencia de la sub-base usando experimentos factoriales basado en el contenido de humedad, energía de compactación y la hidratación* [Tesis para título de ingeniero civil, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/408>
- Rico Rodríguez, A. (2014). *Volumen Alfonso Rico Rodríguez*. MEXICO: Instituto mexicano del transporte. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/Libro/lb6.pdf>
- Rodríguez, A. R., & Mejía, H. D. (1992). *Consideraciones Sobre Compactación de Suelos en Obras de Infraestructura de Transporte*. México. <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt7.pdf>

