



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Aplicación de cloruro de sodio y cal en la estabilización de  
Sub Rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Bach. Vera Velasquez Boris Eliseo (orcid.org/0000-0002-4824-881X)

**ASESOR:**

Mg. Benavente León Christian (orcid.org/0000-0003-2416-4301)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Apoyo a la Reducción de Brechas y Carencias en la Educación en todos  
sus niveles

**CALLAO – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

A Dios, por permitirme poder alcanzar este objetivo en mi vida y que a pesar de las dificultades siempre estuvo presente en mí, brindándome salud y bienestar en mi vida.

A cada uno de los integrantes de mi familia en especial a mis hermanos queridos, Sory, Mirardo, Huber, Rudy,. Que con su apoyo incondicional fueron partícipes para poder lograr este objetivo en mi vida. Así mismo agradecer a mi linda madre, Narcisa que con su motivación y paciencia incondicional supo sacarme adelante, Gracias por todo Familia.

## **Agradecimiento.**

Agradecer primeramente a dios por mantenerme con salud y permitirme continuar en progreso en la vida.

Al Mg, Christian Benavente león por la pre disponibilidad en la guía para la presente investigación

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	19
1.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	19
1.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	19
1.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	21
1.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
1.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD .....	23
1.6. PROCEDIMIENTOS .....	23
1.7. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	23
1.8. ASPECTOS ÉTICOS .....	24
IV. RESULTADOS .....	25
V. DISCUSIÓN .....	46
VI. CONCLUSIONES.....	55
VII. RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	TAMAÑO DE TAMIZ.....	13
TABLA 2.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU IP .....	15
TABLA 3.	CORRELACIÓN DE TIPOS DE SUELOS AASHTO - SUCS.....	16
TABLA 4.	CATEGORÍAS DE SUB RASANTE .....	17
TABLA 5.	VALORES DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	26
TABLA 6.	VALORES DE LL,LP E IP - SUELO NATURAL (SN).....	27
TABLA 7.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SISTEMA SUCS Y AASTHO .....	29
TABLA 8.	VALORES DE LL,LP E IP - SUELO NATURAL (SN).....	29
TABLA 9.	VALORES DE LL,LP E IP – SN+3% DE NAACL Y CAL.....	30
TABLA 10.	VALORES DE LL, LP E IP – SN+6% DE NAACL Y CAL.....	31
TABLA 11.	VALORES DE LL,LP E IP – SN+9% DE NAACL Y CAL.....	32
TABLA 12.	CUADRO RESUMEN DE LL,LP E IP .....	33
TABLA 13.	VALORES DE MDS Y OCH PARA MN .....	36
TABLA 14.	MDS Y OCH PARA MN + 3% DE NAACL Y CAL .....	37
TABLA 15.	MDS Y OCH PARA MN + 6% DE NAACL Y CAL .....	38
TABLA 16.	MDS Y OCH PARA MN + 9% DE NAACL Y CAL .....	39
TABLA 17.	CUADRO RESUMEN DE MDS Y OCH .....	40
TABLA 18.	CUADRO RESUMEN DE CBR.....	43
TABLA 19.	CUADRO GENERAL DE RESULTADOS.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	VISTA DEL TRAMO EN INVESTIGACIÓN – AV. INDUSTRIAL.....	2
FIGURA 2.	MUESTRA DEL SUELO .....	14
FIGURA 3.	CLORURO DE SODIO .....	18
FIGURA 4.	CAL.....	18
FIGURA 5.	VISTA DEL TRAMO AV. INDUSTRIAL.....	21
FIGURA 6.	VISTA DE LA REALIZACIÓN DE LA CALICATA.....	25
FIGURA 7.	VISTA DE LA REALIZACIÓN DE LA CALICATA.....	26
FIGURA 8.	CURVA GRANULOMÉTRICA.....	27
FIGURA 9.	VALOR DE LL – SUELO NATURAL (SN).....	30
FIGURA 10.	VALOR DE LL – SN+3% DE NACL Y CAL .....	31
FIGURA 11.	VALOR DE LL – SN+6% DE NACL Y CAL .....	32
FIGURA 12.	VALOR DE LL – SN+9% DE NACL Y CAL .....	33
FIGURA 13.	VALOR DE IP VS % DE ADICIÓN .....	35
FIGURA 14.	CURVA DE COMPACTACIÓN - SN .....	37
FIGURA 15.	CURVA DE COMPACTACIÓN – SN+3% DE NACL Y CAL.....	38
FIGURA 16.	CURVA DE COMPACTACIÓN – SN+6% DE NACL Y CAL.....	39
FIGURA 17.	CURVA DE COMPACTACIÓN – SN+9% DE NACL Y CAL.....	40
FIGURA 18.	MDS VS % DE ADICIÓN.....	41
FIGURA 19.	OCH VS % DE ADICIÓN.....	42
FIGURA 20.	CBR VS % DE ADICIÓN DE NACL Y CAL .....	44

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de determinar la influencia del cloruro de Sodio y Cal en la estabilización de subrasante del tramo Av. industrial. Así mismo dentro de la metodología se aplicó una investigación del tipo aplicada y un diseño cuasi experimental todo ello dentro del enfoque cuantitativo. Del mismo modo en los Resultados hallados después de haber aplicado NaCl y Cal en porcentajes de 3%,6% y 9% se obtuvo valores para el IP iguales a 22.6%,10.4%, 7.3% y 6.7% correspondientes a la adición de 0%,3%,6% y 9% respectivamente. Para la MDS se hallaron valores iguales a 1.848gr/cm<sup>3</sup>,1.845gr/cm<sup>3</sup>,1.975gr/cm<sup>3</sup> y 1.963gr/cm<sup>3</sup> correspondientes a la adición de 0%,3%,6% y 9% respectivamente. Para la OCH se hallaron valores iguales a 6.8%,4.8%,5.9% y 8.3% correspondientes a la adición de 0%,3%,6% y 9% respectivamente. Para el CBR se obtuvo valores iguales a 5.4%,4.9%,14.2% y 14.4% correspondientes a la adición de 0%,3%,6% y 9% respectivamente. Por tanto, se concluyó indicando que, de acuerdo a todos los ensayos aplicados con las distintas adiciones realizadas, se comprobó que, para la adición en 6% de NaCl y Cal se halló resultados más favorables.

### **Palabras clave:**

Estabilización, Cal, Cloruro de Sodio, Subrasante

## ABSTRACT

The present research work was carried out in order to determine the influence of Sodium Chloride and Calcium in the stabilization of the subgrade of the Industrial Avenue section. Likewise, within the methodology, applied type research was applied with a quasi-experimental design, all within the quantitative approach. In the same way, in the Results found after having applied NaCl and Cal in percentages of 3%, 6% and 9%, it obtained values for the IP equal to 22.6%, 10.4%, 7.3% and 6.7% corresponding to the addition of 0%, 3%, 6% and 9% respectively. For MDS, values equal to 1848g/cm<sup>3</sup>, 1845g/cm<sup>3</sup>, 1975g/cm<sup>3</sup> and 1963g/cm<sup>3</sup> were found, corresponding to the addition of 0%, 3%, 6% and 9%, respectively. For OCH, values equal to 6.8%, 4.8%, 5.9% and 8.3% were found, corresponding to the addition of 0%, 3%, 6% and 9%, respectively. For the CBR, values equal to 5.4%, 4.9%, 14.2% and 14.4% were obtained, corresponding to the addition of 0%, 3%, 6% and 9%, respectively. Therefore, it was concluded indicating that, according to all the tests applied with the different additions made, it was found that, for the addition of 6% NaCl and Cal, more favorable results were found.

Keywords:

Stabilization, lime, Sodium chloride, subgrad



## I.I INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se ha ido entendiendo la importancia que conlleva contar con vías que interconecten las distintas ciudades tanto principales como secundarias, todo ello debido a que, con el pasar del tiempo las poblaciones han ido en crecimiento tales como en la actividad económica y social, pudiendo evidenciarse para los distintos rubros tales como el comercio, industria, agricultura etc. Evidenciándose De esa manera la necesidad de ir implementando vías que puedan contribuir en el desarrollo de una determinada población así mismo que éstas proporcionen un cierto nivel de calidad la cual requieren, sin embargo toda vía está expuesto a encontrarse con suelos que no son recomendables para ser empleadas como material de carreteras debido a sus precarias propiedades físico – mecánicas, Tal es así el caso de los suelos arcillosos las cuales estas presentan ciertas características insuficientes para su uso. por otro lado, el Perú no es ajeno a la situación antes mencionada en tal sentido ´podemos mencionar al (SINAC, 2021), el cual nos indica que dentro del territorio nacional se cuentan con vías no pavimentadas en una longitud de 146,010.00 Km el cual viene a ser equivalente al 83.15% de la longitud total de la vía. En ese entender al ser carreteras no pavimentadas están expuestas a presentar suelos con características inadecuadas. Por lo mismo, La provincia de Andahuaylas cuenta con una gran cantidad de carreteras del tipo trocha carróza las cuales se encuentran interconectadas entre sus diferentes distritos, centros poblados y anexos los cuales en su mayoría se encuentran en malas condiciones para su uso repercutiendo en el modo de vida de sus pobladores de manera negativa, esto debido a muchos factores, entre ellos por causa de la presencia de suelos que no son aptos para componer la vía, si bien es cierto estos últimos años se han venido impulsando diferentes proyectos para la mejoría de las distintas vías en la provincia, aun se tienen tramos que presentan muchas falencias y que requieren ser intervenidas para alcanzar su mejoría y de esa manera poder incrementar los niveles de vida de sus pobladores.

Figura 1. Vista del tramo en investigación – Av. industrial



Fuente: Propio

Así mismo, el problema que aqueja a la zona donde se tiene previsto la realización de la investigación no es ajeno a las distintas dificultades y/o precariedades explicadas anteriormente, es en ese sentido que se pretende aplicar alternativas de solución para buscar la mejoría del tramo al cual se quiere investigar en este caso la Av. Industrial el cual se encuentra en el distrito de Andahuaylas provincia de Andahuaylas. Así mismo El tramo Av. Industrial se encuentra aledaño a ciertas chacras de cultivo las cuales son inaccesibles en temporadas de lluvias debido a las malas condiciones que esta presenta, obligando a los pobladores a usar tramos alternos para el transporte de sus productos generando de esa manera un aumento en el costo de transporte, de igual modo se presentan dichos problemas para los transportistas que circulan por dicho tramo que con el pasar del tiempo dañan sus vehículos, de la misma manera las edificaciones que se encuentran colindantes a la vía se ven expuestas a la constante polvareda de modo que esta repercute ocasionando malestares en la salud. Todos estos inconvenientes mencionados son mayormente causados por la presencia de suelos finos en este caso arcillosos, es por ello que para este trabajo de investigación se pretende buscar una alternativa de solución, para tal efecto se hará uso de dos componentes tales como el cloruro de sodio y Cal. Con esta alternativa se busca mejorar las propiedades físico – Mecánicas del suelo a nivel de sub rasante para el

tramo de la Av. Industrial. Por consiguiente, procedemos a determinar el planteamiento del problema general. ¿Cómo influye la aplicación del cloruro de sodio Y Cal en la estabilización de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022?, a partir del planteamiento del problema general determinamos los problemas específicos ¿Cómo influye la aplicación del cloruro de sodio y Cal en la plasticidad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022 ?; ¿Cómo influye la aplicación del cloruro de sodio y Cal en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022 ? ; ¿Cómo influye la aplicación del cloruro de sodio y Cal en la capacidad de soporte de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022?. Consecuentemente para la presente investigación se cuenta con las siguientes justificaciones para su desarrollo, para lo cual se consideró una justificación practica: según (Bernal Torres, 2010) indica que una justificación practica se considera cuando se tiene previsto resolver problemas reales, es decir cuando se realiza un trabajo de investigación su justificación será practica por que obtendremos de esta investigación información que se usara para mejorar las problemáticas encontradas en dicho estudio (pág. 106), Por lo mencionado en el trabajo de investigación aplicaremos el cloruro de sodio y Cal la cual será la mejor estrategia para la mejoría de la subrasante así buscando la mejoría para la población. También se considera una justificación social debido a que según (Ñaupas Paitan, Palacios Vilela, Valdivia Dueñas, & Romero Delgado, pág. 221) se logrará evitar inconvenientes sociales, es por ello que para esta investigación con la aplicación del NaCl y Cal se pretende alcanzar una mejor calidad de vida de los pobladores que incurren en el tramo en estudio, así mismo mencionaremos la justificación económica donde (Fernandez Bedoya, 2020) indica que una justificación económica es aquella en donde podremos recuperar el dinero invertido en un trabajo de investigación (pág. 8), es por ello que en el presente trabajo de investigación realizaremos la estabilización con cloruro de sodio ya que optimizaremos costos. De igual modo se planteó el siguiente objetivo general: determinar la influencia de la aplicación de cloruro de sodio y Cal en la estabilización de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022. A partir del planteamiento del objetivo general procedemos con el planteamiento de los objetivos específicos: Analizar la influencia de la aplicación de cloruro de sodio y Cal en la plasticidad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022; Analizar la influencia de la

aplicación de cloruro de sodio y Cal en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022; Analizar la influencia de la aplicación de cloruro de sodio y Cal en la capacidad de soporte de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022. De igual forma procedemos a determinar de manera tentativa la Hipótesis general: La aplicación de cloruro de sodio y Cal influyen positivamente en la estabilización de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022. Ahora procedemos con las Hipótesis específicas: La aplicación de cloruro de sodio y Cal reduce la plasticidad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022; La aplicación de cloruro de Sodio y Cal incrementa la máxima densidad seca y reduce el óptimo contenido de humedad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022; La aplicación de cloruro de sodio y Cal incrementa la capacidad de soporte de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo procedemos con la explicación de los antecedentes de la investigación con el fin de contribuir en el sustento, validez y concretización a este proyecto de investigación, por ende procedemos con la iniciación de la presentación de los antecedentes a nivel nacional para ello tenemos a, (Quispe Huaman, y Rodriguez Human, 2020) en su trabajo titulada como, “Mejoramiento del suelo arenoso y limoso con Cloruro de Sodio y cal para sub rasante con pruebas de CBR- Cusco 2020”, así mismo contó con el siguiente Objetivo Analizar si el cloruro de sodio y cal mejora las características físicas y mecánicas del suelo arenoso y limoso en la APV Qotacalle, san sebastian – cusco. De igual modo dentro de Metodología indica que hizo uso de una investigación del tipo descriptivo dentro del enfoque cuantitativo. De igual forma. Con referencia a sus resultados podemos precisar lo siguiente. Así mismo dicho autor obtuvo los siguientes valores para el LL y LP de la muestra natural los cuales fueron, LL igual a 18.33%, LP igual a no plástico.(NP) del mismo modo índice de plasticidad no plástico.(NP), por ende llegándose a obtener tanto para el sistema SUCS y AASTHO suelos del tipo “SM” y “A-4(0) respectivamente, todo ello para la muestra inalterada, de igual forma se verifico los resultados producto de la aplicación del ensayo proctor modificado obteniéndose así valores para la MDS y OCH iguales a 1.83 gr/cm<sup>3</sup> y 12.40% respectivamente. De igual modo continuando con la descripción de los resultados del ensayo de proctor de dicha investigación debemos de indicar que para dicha investigación adicionaron NaCl y cal en porcentajes de 4%, 8% y 12%. Para ello mostramos los resultados. adicionando 4% para la MDS y OCH se obtuvo valores iguales a 1.96 gr/cm<sup>3</sup> y 13.80% respectivamente, para la adición del 8% para la MDS y OCH se obtuvo valores iguales a 1.98 gr/cm<sup>3</sup> y 9.70% respectivamente, y para la adición del 12% para la MDS y OCH se obtuvo valores iguales a 2.00 gr/cm<sup>3</sup> y 13.70% respectivamente. Ahora verificamos para los resultados obtenidos del CBR, primero se obtuvo los valores del CBR para la muestra sin alterar las cuales fueron igual a 4.00% para el 100% de la MDS, de igual modo se obtuvo un CBR igual a 3.00% para el 95% de la MDS Del mismo modo verificamos para la adición de 4% de NaCl y cal obteniéndose valores de CBR igual a 14% para el 100% de la MDS, de igual modo se obtuvo un CBR igual a 11% para el

95% de la MDS, ahora verificamos para la adición de NaCl y cal para un 8% obteniéndose valores de CBR igual a 17% para el 100% de la MDS, de igual modo se obtuvo un CBR igual a 11% para el 95% de la MDS. Para finalizar ahora verificamos para la adición de NaCl y cal para un 12% obteniéndose valores de CBR igual a 19% para el 100% de la MDS, de igual modo se obtuvo un CBR igual a 12% para el 95% de la MDS. Dentro de sus conclusiones se pudo observar que Quispe y Rodríguez concluyen indicando que al aplicar la adición del NaCl y cal, sí llega a evidenciar un mejoramiento tanto en sus cualidades mecánicas como físicas en el suelo estudiado, así mismo llegaron a la conclusión que al aplicar un 8% de NaCl y cal se obtienen resultados más convenientes para su aplicación tal es así que al adicionar un 8%, se obtienen una MDS igual a 1.98 gr/cm<sup>3</sup>, un OCH igual a 9.70% y un CBR a un 95% de la MDS igual a 11%, sin embargo para la muestra natural sin la adición de NaCl y cal se obtuvo los siguientes valores una MDS igual a 1.83 gr/cm<sup>3</sup>, un OCH igual a 12.40% y un CBR a un 95% de la MDS igual a 3.00%, con lo cual queda corroborado la mejoría del suelo estudiado. Continuando con la presentación de los antecedentes tenemos a (Mendez Cerna, 2021) el cual efectuó el siguiente proyecto de investigación titulado, “estabilización de suelo arcilloso para el mejoramiento de la subrasante adicionando cloruro de sodio, tramo primorpampa-cascapara, yungay, ascash 2021”, del mismo modo procedemos a presentar su objetivo para tal efecto propuso determinar la influencia de la adición de cloruro de sodio en la estabilización de la subrasante en el tramo vial comprendido entre el centro poblado de primorpampa y el distrito de cacapara. Por otra parte, la metodología que aplico fue del tipo experimental, dentro del enfoque cuantitativo, así mismo continuamos presentando sus resultados, a partir de los ensayos realizados tanto del análisis granulométrico, LL y LP de la muestra natural ensayada se pudo obtener resultados para el LL y LP iguales a 32% y 18% respectivamente por tanto se obtuvo un índice de plasticidad.(IP) igual a 14%. Así mismo se verificó la obtención del tipo de suelo para el sistema SUCS y AASTHO iguales a “CL” y “A-6(8)” respectivamente. Por otro lado para esta tesis de referencia propuso adicionar NaCl en porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5% por ende procedemos a presentar los resultados para los límites de consistencia para esas adiciones. Para la adición de 1.5% de NaCl se obtuvo valores de LL y LP iguales a 28% y 16% respectivamente por tanto un IP igual a 12%. Para la adición de 3%

de NaCl de obtuvo valores de LL y LP iguales a 26% y 15% respectivamente por tanto un IP igual a 11%. Para la adición de 4.5% de NaCl de obtuvo valores de LL y LP iguales a 28% y 16% respectivamente por tanto un IP igual a 12%. De la misma manera verificamos los resultados a partir del ensayo proctor modificado para el cual se obtuvo MDS y OCH de la muestra natural valores iguales a 1.799 gr/cm<sup>3</sup> y 14% respectivamente. Así mismo mostramos sus resultados de la incorporación de NaCl en 1.5%, 3% y 4.5%. Para los cuales tenemos, para la adición de 1.5% se obtuvo una MDS y OCH iguales a 1.83 gr/cm<sup>3</sup> y 13% respectivamente, para la adición de 3% se obtuvo una MDS y OCH iguales a 1.842 gr/cm<sup>3</sup> y 12.5% respectivamente, para la adición de 4.5% se obtuvo una MDS y OCH iguales a 1.81 gr/cm<sup>3</sup> y 12% respectivamente. Continuando con la presentación de los resultados procedemos a verificar sus resultados obtenidos del ensayo de CBR primeramente para la muestra natural o sin alterar, para la cual se obtuvieron valores iguales a 4.83% del 95% de la MDS y un 5.80% del 100% de la MDS, todo ello para una penetración del 0.1". Así mismo mostramos sus resultados de la incorporación de NaCl en 1.5%, 3% y 4.5%. Para los cuales tenemos, para la adición de 1.5% de NaCl se obtuvo un valor de CBR igual a 6.30% y 5.50 % para una MDS de 100% Y 95% respectivamente, para la incorporación en 3% de NaCl se halló un valor de CBR igual a 6.50% y 5.63 % para una MDS de 100% Y 95% respectivamente, para la adición de 4.5% de NaCl se obtuvo un valor de CBR igual a 6% y 4.95 % para una MDS de 100% Y 95% respectivamente. Dentro de sus conclusiones se pudo observar que Mendez Cerna concluye indicando que al aplicar el cloruro de sodio con las proporciones indicadas se pudo verificar un incremento en los valores de CBR desde un CBR insuficiente hasta un CBR regular, Sin embargo indica que no se obtuvo cambios tan significativos. por otro lado tenemos a (Moale Quispe & Rivera Justo, 2019) en la elaboración de su investigación titulada "Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de villa rica", para lo cual los autores establecieron como objetivo, mejorar la capacidad de soporte de la sub rasante mediante la estabilización química del suelo en estudio, con el óptimo porcentaje de Cal. Por otra parte la metodología que aplicaron fue del tipo aplicada, además utilizaron un diseño de tipo experimental todo ello dentro del enfoque cuantitativo, así mismo continuamos presentando sus resultados: una

vez realizado el ensayo de análisis granulométrico y límites de consistencia se obtuvieron los siguiente resultados para la muestra natural, un LL y LP iguales a 34% y 20% respectivamente por ende se obtuvo un IP igual a 14%, luego de ello se pudo evidenciar la clasificación del suelo con el cual trabajaron los autores de dicha investigación para lo cual obtuvieron un suelo de tipo CL y A-6(8) para el sistema SUCS y AASHTO respectivamente, por otro lado para esta investigación los autores procedieron con la incorporación de Cal en proporciones de 9%, 15% y 21% para los cuales procedemos a mostrar tales resultados, iniciamos para los límites de consistencia con adición del 9% para el cual se obtuvo un LL y LP iguales a 30.18% y 23.91% por tanto se tuvo un IP igual a 6.27%, para la adición de 15% se obtuvo un LL y LP iguales a 27.86% y 24.57% por tanto un IP igual a 3.29%, por ultimo se verifico para la adición de 21% para el cual se obtuvo un LL y LP iguales a 26.43% y 24.65% respectivamente por ende un IP igual a 1.78%, así mismo se pudo observar los resultados para el ensayo proctor obteniéndose los siguientes valores para la muestra natural, para la MDS y OCH iguales a 1.85 gr/cm<sup>3</sup> y 13.40% respectivamente, así mismo se procedemos a verificar para las adiciones para los cuales iniciamos para la adición de 9% teniendo una MDS y OCH iguales a 1.87 gr/cm<sup>3</sup> y 14.6% respectivamente, para la adición de 15% se tuvo una MDS y OCH iguales a 1.89 gr/cm<sup>3</sup> y 14.00% respectivamente, por ultimo para la adición de 21% se obtuvo una MDS y OCH iguales a 1.88 gr/cm<sup>3</sup> y 13.60% respectivamente, de igual a forma se presenta los valores de CBR obtenidos, para el suelo natural se tuvo un 3.3% y 3.7% para el 95% y 100% de la MDS respectivamente, para la adición de 9% de Cal se obtuvo un 3.8% y 5.1% para el 95% y 100% de la MDS respectivamente, para la adición de 15% de Cal se obtuvo un 5.9% y 6.4% para el 95% y 100% de la MDS respectivamente, por ultimo para la adición de 21% de Cal se obtuvo un 4.10% y 5.1% para el 95% y 100% de la MDS respectivamente. dentro de sus conclusiones determinaron que, para su trabajo de investigación al adicionar la Cal en un porcentaje de 15% es con el cual se obtiene mejores resultados para los valores de CBR tal es así que pudieron evidenciar un incremento de un 78.80% con respecto a la muestra natural variando desde un CBR igual a 3.3% hasta un 5.9%, todo ello para el 95% de la MDS. Así mismo tenemos a (Encalada Oncihuay, 2020) en su trabajo de investigación el cual lleva como título “Aplicacion de cenizas volantes de carbon y cal para mejorar la



estabilización de suelos arenosos en la ciudad pachacutec, ventanilla, callao”, del mismo modo el autor estableció como objetivo, determinar como la aplicación de cenizas volantes de carbon y cal para mejorar la estabilización de suelos arenos en la ciudad de pachacutec, ventanilla, callao. Por otra parte dentro de su Metodología aplico un investigación del tipo aplicada con un diseño del tipo experimental así mismo utilizo un nivel de investigación explicativo, todo ello dentro del enfoque cuantitativo. De la misma manera procedemos a mostrar sus Resultados: en el cual determinaron los siguientes valores para el LL y LP, para los cuales obtuvo un LL y LP iguales a 21% y 19% respectivamente, por tanto se tuvo un IP igual a 2%, es a partir de ello que se obtuvo un suelo para el sistema SUCS y AASHTO iguales a un SM y A-1-0 (0) respectivamente. así mismo el autor aplico proporciones de Cal en porcentajes de 5%, 10% y 15%, para lo cual procedemos a presentar sus resultados obtenidos, para una adición de 5% de Cal halló valores para el LL y LP iguales a 20% y 18% respectivamente por ende obtuvo un valor de IP de 2%, para una adición de 10% de Cal obtuvo valores de LL y LP iguales a 19% y 18% respectivamente obteniéndose así un valor de IP de 1%, para la adición de 15% de Cal obtuvo valores de LL y LP iguales a 18% y 17% respectivamente obteniéndose así un valor de IP de 1%. Por otro lado para el ensayo de proctor modificado el autor de dicha investigación obtuvo los siguientes resultados, para la muestra natural se obtuvo una MDS y OCH iguales a 2.098 gr/cm<sup>3</sup> y 6.4% respectivamente todo esto para el 100% de la MDS, así mismo para la adición de un 5% de Cal se obtuvo un MDS y OCH iguales a 2.123 gr/cm<sup>3</sup> y 6.9% todo ello para el 100% de la MDS, así mismo para la adición de un 10% de Cal se obtuvo un MDS y OCH iguales a 2.133 gr/cm<sup>3</sup> y 6.9% todo ello para el 100% de la MDS, por ultimo para la adición de un 15% de Cal se obtuvo un MDS y OCH iguales a 2.145 gr/cm<sup>3</sup> y 7.10% todo ello para el 100% de la MDS. De igual manera los resultados obtenidos del ensayo de CBR fueron las siguientes, para la muestra natural se obtuvo valores de 34.20% y 27% para el 100% y 95% de MDS respectivamente, para la adición del 5% de Cal se obtuvo valores de 44.80% y 35% para el 100% y 95% de MDS respectivamente, para la adición del 10% de Cal se obtuvo valores de 51.20% y 40% para el 100% y 95% de MDS respectivamente, por ultimo para la adición del 15% de Cal se obtuvo valores de 56.80% y 44% para el 100% y 95% de MDS respectivamente. De la misma manera dentro de sus

Conclusiones se pudo constatar lo siguiente, que a partir de las adiciones de cenizas de carbón y Cal en los porcentajes indicados en este caso de 5%, 10% y 15%, el autor si pudo verificar una mejoría de la muestra estudiada. Continuando con la descripción de los antecedentes de la investigación en este caso para el ámbito internacional tenemos a (Gongora Hernandez, Iriarte Hernandez, & Mendoza Ardila, 2017), en sus trabajo de investigación titulada “Estabilizacion y mejoramiento de las características físicas y químicas de los suelos a partir de mezclas con cal y escombros de material de canales de riego”, así mismo establecieron como objetivo, mejorar las características físicas y mecánicas de un material granular (afirmado) a partir de ensayos de laboratorio y mezclas con cal y derivados de escombros de los canales de las arroceras (limos de riego). Así mismo dentro de su metodología indicaron todos los procedimientos que llevaron a cabo para la realización de los ensayos. Así mismo dentro de sus Resultados se pudo verificar los valores obtenidos para los límites de consistencia para los cuales hallaron para el LL y LP iguales a 26.63% y 18.36% respectivamente por ende un IP igual a 7.27% todo ello para la muestra natural, así mismo aplicaron cal en porcentajes de 5%, 10% y 15% por tanto procedemos a mostrar los valores de los límites de consistencia, iniciamos para la adición del 5% obteniéndose un LL y LP iguales a 21.6% y 15.4% por tanto un IP igual a 6.2%, para la adición de 10% se obtuvo un LL y LP iguales a 22.5% y 16.8% por tanto un IP igual a 5.7% por ultimo para la adición de 15% se obtuvo un LL y LP iguales a 21.7% y 16.9% por tanto un IP igual a 4.8%, así mismo para el ensayo de proctor tenemos lo siguiente, para la adición en 5% de Cal se obtuvo para la MDS y OCH iguales a 1.65 gr/cm<sup>3</sup> y 4.24%, para la adición en 10% de Cal se obtuvo para la MDS y OCH iguales a 1.61 gr/cm<sup>3</sup> y 9.79%, para la adición en 15% de Cal se obtuvo para la MDS y OCH iguales a 1.63 gr/cm<sup>3</sup> y 15%, por otro lado para el ensayo de CBR se obtuvieron lo siguiente, para la adición de 5% se obtuvo un CBR iguales a 43% y 82% del 95% y 100% de la MDS respectivamente, para la adición de 10% se obtuvo un CBR iguales a 62% y 87% del 95% y 100% de la MDS respectivamente, para la adición de 15% se obtuvo un CBR iguales a 85% y 102% del 95% y 100% de la MDS respectivamente. Continuando con los antecedentes internacionales tenemos a (Larrea Olivero & Rivas Cajo, 2019) en su trabajo de investigación la cual lleva como título “estabilizacion de suelos arcillosos

con cloruro de sodio y cloruro de calcio” del mismo modo establecieron como objetivo realizar la estabilización de un suelo arcilloso con un rango de índice de plasticidad (16 – 18) con cloruro de sodio y cloruro de calcio para su implementación de vías. Por otro lado para esta investigación dentro de su metodología no se encontraron datos acerca del tipo y diseño de investigación a los cuales fueron abordados. Por otro lado se pudo verificar sus resultados los cuales describimos de la siguiente manera, de acuerdo a los ensayos realizados tanto de límite líquido(LL), límite plástico(LP) y análisis granulométrico se llegó a determinar un suelo de tipo “GC” para el sistema de clasificación SUCS y un A-2-6 (4) para el AASHTO, del mismo modo procedemos a verificar los límites de consistencia al adicionar cloruro de sodio(NaCl) en 5%, 10% y 15%. Para 5% se tuvo un LL = 31.48%, LP = 18.34%, IP = 13.14%, Para 10% se tuvo un LL = 29.12%, LP = 17.84%, IP = 11.27%, Para 15% se tuvo un LL = 24.10%, LP = 16.78%, IP = 7.32%. para el ensayo proctor se determinaron los siguientes resultados una MDS y un OCH iguales a 1.736 gr/cm<sup>3</sup> y 15.20% respectivamente, todo ello para la muestra natural. De la misma manera se verificó que al adicionar NaCl en 15% se obtuvo una MDS y OCH iguales a 1.898 gr/cm<sup>3</sup> y 11.10% respectivamente. Para el ensayo de CBR se obtuvo el siguiente resultado un valor de 27.27% para el 95% de la MDS, de igual manera para la muestra natural. Se pudo verificar que los autores realizaron el ensayo de CBR adicionando un 15% de NaCl obtuvo un CBR de 24.20% Por otra parte Larrea y Rivas en sus conclusiones indican lo siguiente, la utilización del NaCl en un 15% vendría a ser el porcentaje más óptimo en su investigación ya que lograron obtener una reducción del LL de un valor de 39% a un 24.10% así mismo lograron reducir el IP desde un 17% a un 7.32%, indicaron también que el “LL” y “IP” se vuelven directamente proporcional a la adición del NaCl después de añadir el porcentaje óptimo antes indicado. Así mismo pudieron comprobar que al adicionar NaCl en un 15% hubo un incremento en su MDS desde un valor igual a 1.736 gr/cm<sup>3</sup> a un 1.898 gr/cm<sup>3</sup> correspondientes a un 9.33% del mismo modo se presentó una reducción en su OCH en un 11.10% ya que esta se redujo desde un valor de 15.20% a 11.20%. por otra parte al adicionar NaCl en un 15% se verificó una reducción en su CBR desde un valor de 27.27% a un 24.20% al 95% de su MDS lo cual equivale a su 11.26%. Continuando con los antecedentes tenemos a (Robles Díaz, 2018) en su trabajo de investigación titulado “Análisis y

estabilización de arcilla negra con cloruro de sodio (NaCl), arena pomez, cal y cemento, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas” así mismo como objetivo establecieron determinar la estabilización de arcilla Negra con cloruro de sodio (NaCl), Arena pomez, Cal y Cemento, para mejorar sus Propiedades Físicas y Mecánicas. Por otro lado dentro de su metodología indicaron los procedimientos y ubicación que aplicaron para la extracción de la muestra en estudio. Por otra parte, en sus resultados para este trabajo de investigación una vez realizados los ensayos de granulometría y límites de consistencia el autor determinó para el sistema SUCS un suelo del tipo arcilla de alta plasticidad (CH). producto de haberse obtenido un LL y LP iguales a 82.2% y 34% respectivamente por lo que se obtuvo un IP igual a 48.2%. por otro lado tal investigación aplicó NaCl y Cal de manera independiente en porcentajes de 5%, 12% y 20% para los cuales procedemos a mostrar los resultados. Primeramente, mostramos para el NaCl., para el ensayo de límites de consistencia, para la adición en 5% obtuvo un LL y LP iguales a 45.5% y 27% por lo que se halló un IP igual a 18.50%, de igual forma hallamos para la adición de NaCl en 12%, para el LL y LP se obtuvo 41.1% y 25% respectivamente por tanto se halló un IP igual a 16.1% por último se halló para la adición del 20% llegándose a hallar valores iguales a 36.3%, 23% correspondientes al LL y LP del los cuales se obtuvo un IP igual a 13.3%. De la misma manera determinamos los valores para el ensayo de CBR iniciamos para la muestra natural para el cual se halló un valor igual a 2% y 2.2% para el 95% y 100% de la MDS correspondientemente. Para la adición de NaCl en 5% se obtuvo valores de 0% para el 95% y 100% de la MDS, de igual modo para la adición de 12% y 20% de NaCl no obtiene valores para CBR. De igual modo procedemos a presentar los resultados de haber adicionado Cal en porcentajes de 5%, 12% y 20%, iniciamos para los ensayos de límites de consistencia, para la adición de 5% para el cual tenemos un LL y LP iguales a 46.8% y 43% por ende un IP igual a 3.8%, para la adición de 12% tenemos un LL y LP iguales a 44.1% y 42% respectivamente por tanto un IP igual a 2.1%, por último para la acción de 20% se obtuvo un LL y LP iguales a 41% y 40% respectivamente por tanto un IP igual a 1%. De la misma manera mostramos los valores hallados para el CBR, iniciamos para la muestra natural para el cual se halló valores iguales a 16.6% y 19.2% correspondientes al 95% y 100% de la MDS. Así mismo se adicionó en porcentajes de 5%, 12% y 20%

para los cuales obtuvo los siguientes valores, para la adición en 5% se obtuvo un CBR igual a 0% tanto para el 95% como para el 100% de la MDS, para la adición de 12% se halló valores iguales a 0% tanto para el 95% como para el 100% de la MDS y para la adición de 20% se halló valores iguales a 0% tanto para el 95% como para el 100% de la MDS. Así mismo procedemos a presentar los valores para la adición de Cal para ello iniciamos con el 5% para el cual se obtuvo un 16.3% y 20.9% para el 95% y 100% de la MDS respectivamente, para la adición de 12% de Cal se tuvo un 20.3% y 22.9% para el 95% y 100% de la MDS respectivamente, por último para la adición de 20% se tuvo un 22.1% y 28.1% para el 95% y 100% de la MDS respectivamente. Por otro lado dentro de sus conclusiones indicó que para el suelo en estudio presenta características físico - mecánicas más óptimas con la aplicación de cemento más no con la aplicación de Cal ni cloruro de sodio (NaCl).

## **BASES TEÓRICAS**

### **Análisis granulométrico**

Según (Braja M. Das, 1983) indica que el análisis granulométrico viene a ser la distribución de un determinado grupo de suelos en sus diferentes tamaños, así mismo indica que existen dos tipos de análisis granulométricos el primero aplicado a suelos de granos gruesos el cual es aplicado por medio de mallas o tamices y el segundo aplicado a suelo finos por medio de hidrómetro (pág. 4). De acuerdo al (MTC E 107, 2016) el cual nos proporciona los procedimientos y alcances en la aplicación para el análisis granulométrico de suelos por tamizado y el cual será aplicado para la presente investigación, nos proporciona un conjunto de tamices para ser considerados en el ensayo.

Tabla 1. Tamaño de tamiz

<b>Tamaño de Tamiz</b>	
<b>(plg)</b>	<b>(mm)</b>
3"	75.000
2"	50.800

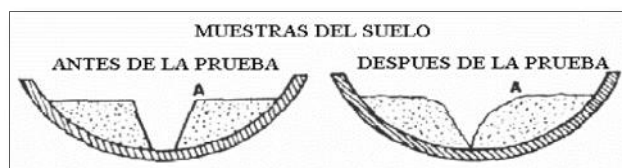
1 1/2"	38.100
1"	25.400
3/4"	19.000
3/8"	9.500
N° 4	4.760
N° 10	2.000
N° 20	0.840
N°40	0.425
N° 60	0.260
N° 140	0.106
N° 200	0.075

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013)

### LIMITE LIQUIDO.

Según el (MTC E 110, 2016) indica que el ensayo de limite liquido(LL) viene a ser el contenido de agua de un determinado suelo expresado en porcentaje, para lo cual esta se encuentra entre el estado líquido y plástico, En principio se procede a trabajar con el material tamizado por la malla N° 40 en un promedio de 150 – 200 gr en peso, luego de ello se procede a humedecer la muestra para proseguir con el ensayo procediendo a colocar parte de la muestra en el plato de Casagrande para así poder pasar con el acanalador por el centro del plato con el fin de formar una ranura de 13mm y proceder con la manipulación del plato hasta corroborar el cierre de la ranura, el ensayo concluye con dicho cierre. a que tener en cuenta que el valor que se halla para el “LL” es el porcentaje de contenido de humedad correspondientes a los 25 golpes.

Figura 2. Muestra del suelo



Fuente. Plato de casa grande con la muestra antes y después del ensayo.  
Tomado de (MTC E 110, 2016)

### **LIMITE PLÁSTICO (LP)**

Según el (MTC E 111, 2016) indica que el ensayo de “LP” se le conoce como a la humedad más baja para la cual pueda lograrse formar barritas de suelo de un diámetro de aproximadamente 3.2mm llegando a formar rollitos producto del rodamiento entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado) sin que esta llegue a desmoronarse.

### **ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)**

el IP se obtiene a partir de la diferencia entre el LL y LP

$$IP = LL - LP$$

De acuerdo al (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013) el cual nos indica que el “IP” de un determinado suelo nos proporciona ciertos criterios para su utilización a nivel de sub rasante, así mismo indica que todo aquel suelo con valores de IP altos son característicos de suelos arcillosos en ese sentido suelen ser muy riesgosos al ser parte de una vía.

Tabla 2. Clasificación de suelos según su IP

<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>PLASTICIDAD</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
IP > 20	ALTA	SUELO MUY ARCILLOSOS
IP > 7	MEDIA	SUELO ARCILLOSOS
IP < 7	BAJA	SUELO POCO ARCILLOSOS PLASTICIDAD
IP = 0	NO PLASTICO (NP)	SUELOS EXENTOS DE ARCILLA

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013)

### **CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Según el manual (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013) Los suelos, para su utilización pueden ser determinados en función a su granulometría y límites de consistencia a partir de dos sistemas de clasificación, los cuales son los más utilizados tanto para el SUCS y el AASHTO

Tabla 3. Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS

CLASIFICACION DE SUELO AASHTO	CLASIFICACION DE SUELOS SUCS
A-1-a	GW, GP GM, SW, SP , SM
A-1-b	GM, GP, S, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013)

### PROCTOR MODIFICADO

Según (Crespo Villalaz, 2004) el ensayo de proctor viene a ser la verificación del peso por unidad de volumen de un determinado suelo que ha sido sometido a una compactación para porcentajes diferentes de contenidos de humedad, (pág. 102). Por otro lado, el (MTC E 115, 2016) nos indica que este ensayo se basa en la determinación de la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco, Inicialmente existen para el MTC dos tipos de ensayo de proctor los cuales vienen a ser el proctor modificado y estándar su principales diferencias son la energía de compactación con las cuales son aplicadas, para el modificado se aplica una anergia de 2700 kn-m/m<sup>3</sup> y para el estandar igual a 600 kn-m/m<sup>3</sup>, así mismo entre otras diferencias se tiene el N° de capas que son aplicadas para el modificado se trabaja con 5 capas y para el estandar con 3 capas, en principio para la realización del ensayo de proctor primeramente se procede a tamizar la muestra por las mallas de ¾", 3/8" y N° 4 para determinar



el método que se hará uso ya sea el método A,B ó C, los cuales depende de los porcentajes que se retienen y pasan en las mallas antes mencionadas, Luego se procede con la compactación de las distintas capas con la cantidad de golpes en función al método seleccionado, este procedimiento se realiza para un total de cuatro especímenes (preferentemente cinco), Luego de ello se concluye con el ensayo (pág. 105).

### **CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

Según el (MTC E 132, 2016) describe a “CBR de suelos” como al ensayo que se elabora para poder determinar la resistencia potencial de subrasante, así mismo al “CBR” se le denomina como la capacidad de soporte de suelos, Por otro lado, Según el (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013) indica que una vez clasificado el suelo en estudio tanto por el sistema SUCS y AASHTO se procederá a determinar el valor del CBR de diseño para un determinado tramo homogéneo al 95% de la MDS correspondiente a la penetración de carga de 2.54mm. así mismo el manual de carreteras categoriza las sub rasantes en función a los valores que se tengan de los CBR.

Tabla 4. Categorías de sub rasante

<b>CATEGORIAS DE SUB RASANTE</b>	<b>CBR</b>
S0 : sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S1 : sub rasante insuficiente	DE CBR 3% A < 6%
S2 : sub rasante regular	DE CBR 6% A < 10%
S3: sub rasante buena	DE CBR 10% A < 20%
S4: sub rasante muy buena	DE CBR 20% A < 30%
S5: sub rasante excelente	DE CBR 30%

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013)

### **Cloruro de sodio**

El cloruro de sodio (NaCl) se produce de tres maneras según el (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013) la primera y mas antigua debido al empleo

del calor solar provocando de esta manera la evaporación del agua salada, la segunda producto de la extracción de las minas de sal y la tercera mediante la aplicación de hornas para llegar a evaporar el agua de mar, El NaCl comúnmente se presenta en forma de cristales, tienden a utilizarse en áreas muy secas, controla el polvo, es un estabilizante natural por excelencia (pág. 104).

Figura 3. Cloruro de sodio



Fuente: (Grupo pochteca)

### **Cal.**

La cal es un material obtenido de la calcinación de materiales calizos, de la cual se puede llegar a obtener la cal viva (óxido cálcico) y cal hidratada (hidróxido cálcico) la cual se obtiene de la incorporación de agua en proporciones controladas. según el manual de carreteras para la estabilización de suelos se podría hacer uso de la cal viva o hidratada. Así mismo nos indica que la estabilización de suelos con Cal trae efectos como el cambio en el índice de plasticidad del suelo, en el cual nos indica que para suelos con un IP menores a 15%, logra incrementar el Limite líquido y Limite plástico, lográndose así un incremento del IP, por otro lado para IP mayores a 15% logra reducir el valore del IP.

Figura 4. Cal



Fuente: (Grupo pochteca)

### **III. METODOLOGÍA**

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

Para poder identificar el tipo de investigación nos podemos ceñir de acuerdo a (Muñoz Rocha, 2015) el cual nos indica que una investigación del tipo aplicada es aplicable cuando se busca la solución de problemas prácticos y concretos es decir busca la solución de problemas que se dan en la vida cotidiana. Es así que, para esta investigación se hará uso de la investigación del tipo aplicada ya que se buscaran la solución al problema que aqueja al tramo en investigación, dando soluciones prácticas con el uso del Cloruro de sodio y Cal y de esa manera poder reducir todos los problemas que vienen dándose en el tramo en investigación. Así mismo se hará uso de un diseño cuasi-experimental ya que según (HERNANDEZ SAMPIERI, 2014), nos indica que una investigación con diseño cuasi experimental lo que busca es la manipulación deliberada de la variable independiente y que esta logre a su vez repercutir en la variable dependiente, así mismo indica que para poder a ser uso del diseño cuasi experimental, la muestra con la cual se trabaja no necesariamente debe ser obtenida de manera aleatoria o al azar. Es así que para esta investigación lo que se realizo fue manipular el cloruro de sodio y cal, de esa manera verificar la influencia que estas tendrían en la variable dependiente en este caso el suelo arcilloso, así mismo se aplicará el enfoque cuantitativo ya que. de acuerdo a (HERNANDEZ SAMPIERI, 2014) el cual indica que el enfoque cuantitativo es aplicado cuando se pretende hacer uso de datos numéricos para la obtención de los resultados.

#### **1.2. Variables y operacionalizacion**

Para la designacion de las variables tendremos a (Bernal Torres, 2010) existen tres tipos de variables los cuales son la independiente , dependiente y la interviniente estas también podrían estar presentes en la hipótesis (pág, 139). En el presente trabajo de investigación podremos observar que la variable independiente vendría hacer el cloruro de sodio(NaCl) y Cal, nuestra variable dependiente sería estabilización de subrasante, en tal caso la manipulación que se

le realizarán al NaCl y Cal influirá de manera directa en las propiedades de la muestra obtenida de la sub rasante del tramo en estudio en este caso Av. Industrial.

Dicha investigación tendría las siguientes variables:

**Variable independiente (X):** Cloruro de sodio(NaCl) y Cal

➤ Indicadores:

) 3% de NaCl + Cal

) 6% de NaCl + Cal

) 9% de NaCl + Cal

**Variable dependiente (Y):** Estabilización de subrasante

➤ Indicadores:

) LL

) LP

) IP

) Clasificación de suelos

) MDS y OCH

) Capacidad de soporte

para determinar la dimensiones de las variables tenemos a (Dominguez Granda , 2015) el cual nos indica que viene a ser el proceso por la cual las variables se proceden a descomponer desde lo más general a lo más específico, esto provocaría las dimensiones y los indicadores en función a lo estudiado (pág, 55),

### 1.3. Población, muestra y muestreo

#### **Población:**

La población según (Lerma Gonzales, 2009) indica que la población es el grupo de elementos que muestran similares características (pág. 72), de acuerdo a lo descrito anteriormente la población en la presente investigación será los suelos arcillosos del tramo correspondiente a la Av. industrial la cual cuenta con una longitud de aproximadamente 1.12 Km y un ancho promedio de vía de 5.00m

Figura 5. vista del tramo Av. industrial



Fuente: Elaboración Propia

#### **Muestra:**

Para lograr determinar la muestra se tomara en cuenta a la población. para lo cual según (Lerma Gonzales, 2009) indica que la muestra es un subconjunto de la población se utilizara la muestra cuando por cuestiones económicas o por gran magnitud no puedas utilizar toda la población (pág. 73), para la presente investigación la muestra fue compuesta por una calicata, para tal efecto se exploró en una altura de 1.50m, en la progresiva Km 0+650. Del cual se procedió con la extracción del material en cantidades requeridas para los correspondientes ensayos en laboratorio.

#### **Muestreo:**

Según (Vara Horna, 2010) indica que el muestreo es la causa de separar una muestra en función a la población y esta tiene etapas muy bien definidas de las cuales observaremos dos tipos notables que son las probabilísticas y las no probabilísticas (pág. 222), Así mismo (HERNANDEZ SAMPIERI, 2014) nos indica que el muestreo de tipo no probabilístico, en la elección de los elementos no están sujetas a la probabilidad sino están sujetas a causas relacionadas a las características de la investigación o también a los propósitos que quiera alcanzar el investigador, es así que para esta investigación se aplicó el tipo no probabilístico. Así mismo el muestreo se realizó cumpliendo las especificaciones del manual de carreteras MTC, en el cual nos da a conocer que, para vías de bajo volumen de tránsito se debe de proceder con la realización de una calicata por Kilómetro de longitud.

#### **1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la presente investigación se utilizaron diversos tipos de técnicas e instrumentos es así que según (Ñaupas Paitan, Palacios Vilela, Valdivia Dueñas, & Romero Delgado, 2018) mencionan que las técnicas de investigación son un conjunto de normas para llegar a un objetivo desde la investigación del problema hasta llegar a la verificación de la hipótesis de la misma forma estas sirven para la construcción de los instrumentos de investigación por otro lado los instrumentos de investigación son aquellas que sirven para la recolección de datos su presentación será de diferentes formas en función a las técnicas (pág. 273). En cuanto a los instrumentos que se utilizó en la presente investigación serán datos aprobados y evaluados por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) lo cual contribuirá en gran medida en cuanto a los procedimientos que se deberá seguir para cada uno de los ensayos que mencionaremos a continuación y estas son las siguientes: Análisis granulométricos, límites de atterberg, clasificación SUCS, clasificación AASHTO, Ensayo proctor, ensayo de CBR, durante el trabajo de investigación se harán uso de ciertos programas básicos tales como: el excel y Word las cuales nos ayudaran en cuanto a estadísticas y gráficos para llegar así a realizar los distintos procedimientos en este trabajo de investigación y de esa manera poder lograr un trabajo de calidad y ética, también mencionaremos que los

ensayos se realizaran de las exploraciones por medio de calicatas extraídas del tramo en estudio y serán de elaboración propia.

### **1.5. Validez y Confiabilidad**

Para la elaboración de la presente investigación y poder alcanzar su validez y confiabilidad de los distintos instrumentos de recolección de datos aplicados, nos basaremos en las normativas técnicas tanto nacionales como internacionales aprobadas por la entidad correspondiente en este caso el MTC.

### **1.6. Procedimientos**

De acuerdo a los objetivos a los cuales se pretenden alcanzar se realizaron los siguientes procedimientos.

- Como primer punto realizaremos la exploración en campo por medio de calicatas teniendo en cuenta la problemática analizada,
- Extracción de la muestra y traslado a laboratorio de la ciudad de Andahuaylas
- Realización de los distintos ensayos para determinar las propiedades físico – mecánicas del suelo natural.
- Realización de los distintos ensayos para determinar las propiedades físico – mecánicas para la adición de NaCl y Cal en porcentajes de 3%, 6% y 9%.
- Obtención de resultados hallados en laboratorio. Para su correspondiente interpretación.

### **1.7. Método de análisis de datos**

Para corroborar los datos obtenidos (Vara Horna, 2010) nos indica que son importantes para tener información científica para de esta manera alcanzar resultados, es necesario analizar los datos (pág. 338). Para la presente investigación se evaluará los datos alcanzados teniendo Resultados más favorables para el NaCl y Cal en la subrasante.

## **1.8. Aspectos éticos**

En cualquier aspecto para realizar un trabajo de investigación se tomará en cuenta la ética profesional así también la veracidad de cada documento anexado en dicho trabajo, haciendo uso de información que cumplan con la confiabilidad que ameritan, por lo que, para dar cumplimiento a la ética se procederá a cumplir y respetar los niveles de confiabilidad, responsabilidad y autenticidad que merecen.



#### IV. RESULTADOS

La presente investigación. “APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022”. Se encuentra ubicado en la provincia de Andahuaylas. El tramo en investigación políticamente se encuentra ubicada en:

Departamento : Apurímac  
Provincia : Andahuaylas  
Distrito : Andahuaylas

Figura 5. Vista del tramo en investigación



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6. Vista de la realización de la calicata



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7. Vista de la realización de la calicata



Fuente: Elaboración Propia

Para el presente trabajo de investigación se procedió con la realización de los diferentes ensayos en laboratorio (análisis granulométrico, límites de consistencia, proctor, CBR), con la finalidad de obtener los resultados de la muestra estudiada tanto del suelo natural como también de la incorporación de NaCl y Cal en porcentajes de 3%, 6% y 9%, teniendo en cuenta que para esta investigación se aplicaron el NaCl y Cal de manera combinada y en porcentajes iguales siendo precisos en porcentajes de 50% de ambas componentes.

### **Clasificación de suelos.**

Para la obtención del tipo de suelo con la cual se trabajó, se procedió con la realización de los ensayos de Análisis Granulométrico, límites de consistencia de la muestra natural. Para ello en la tabla N° 5 y figura N° 8 se muestran los valores hallados del ensayo de análisis granulométrico realizado a la muestra natural.

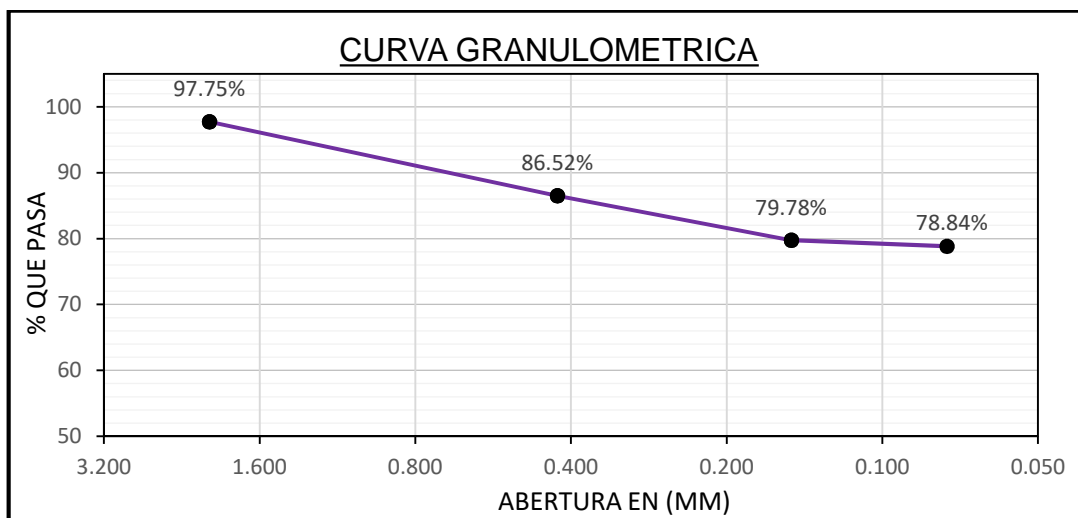
Tabla 5. Valores de Análisis granulométrico

TAMAÑO DE TAMIZ	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
-----------------	---------------	-----------------------------	-------------------------------	---------------------

(plg)	(mm)	(gr)	%	%	%
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.000	12.00	2.25	2.25	97.75
N° 20	0.840	0.00	0.00	2.25	97.75
N°40	0.425	60.00	11.24	13.48	86.52
N° 100	0.150	36.00	6.74	20.22	79.78
N° 140	0.106	0.00	0.00	20.22	79.78
N° 200	0.075	5.00	0.94	21.16	78.84
PASA N° 200		421.00	78.84	100.00	
<b>TOTAL</b>		<b>534.00</b>	100.00	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8. Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración Propia

De la misma forma procedemos a presentar los valores para los límites de consistencia (LL, LP e IP), De acuerdo a la tabla N° 06 y figura N° 09

Tabla 6. Valores de LL, LP e IP - suelo natural (SN)

Limite Liquido

Numero de golpes		16	27	35
N° Muestra		1	2	3
peso. capsula + s. humedo	gr	40.39	43.50	43.02
peso.capsula + s. seco	gr	34.24	38.08	37.99
peso de agua	gr	6.15	5.42	5.03
peso de capsula	gr	22.30	27.21	27.74
Peso s. seco	gr	11.94	10.87	10.25
% contenido humedad	%	51.51	49.86	49.07

#### Limite Plastico

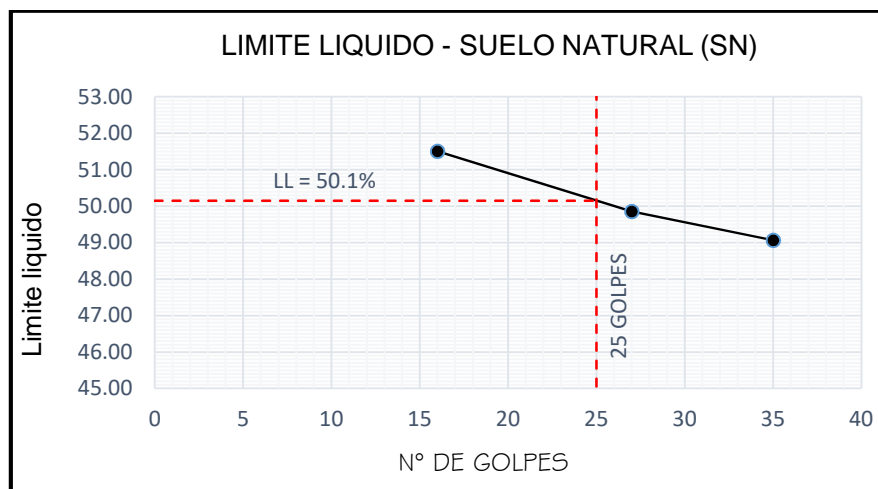
Muestras		1	2
peso. capsula + s. humedo	gr	32.280	29.95
peso.capsula + s. seco	gr	30.91	28.78
peso de agua	gr	1.37	1.17
peso de capsula	gr	25.97	24.5
Peso s. seco	gr	4.94	4.28
% contenido humedad	%	27.73	27.34

#### Resultados :

LL.(%)	50.1	LP.(%)	27.5	IP.(%)	22.6
--------	------	--------	------	--------	------

Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Valor de LL – Suelo Natural (SN)



Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** de acuerdo a las tablas N° 5, 6 y figuras N° 8, 9 se puede visualizar los valores obtenidos para la muestra natural correspondientes al ensayo de análisis granulométrico y límites de consistencia, en los cuales podemos apreciar lo siguiente, para la tabla N° 5 y figura N°8 podemos afirmar que, en un porcentaje de 78.84% de la muestra total ensayada pasa el tamiz N° 200 el cual es característico de un suelo arcilloso, así mismo verificando la tabla N° 6 y figura N°

9, se puede constatar los valores para el LL y LP los cuales son iguales a 50.1% y 27.5% respectivamente por lo que se obtuvo un valor para el IP igual a 22.6%. por otro lado se presenta el tabla N° 07 en el cual se puede observar la clasificación para el suelo natural estudiado. Tanto para el sistema SUCS como AASTHO

Tabla 7. Clasificación de suelos sistema SUCS y AASTHO

Sistema	Codigo	Descripcion
SUCS	CH	Arcilla de alta plasticidad
AASTHO	A-7-6	Suelo arcilloso

Fuente: Elaboración Propia

Con referencia al objetivo específico 01: Analizar la influencia de la aplicación de cloruro de sodio y Cal en la plasticidad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022. Para poder determinar la influencia del NaCl y Cal en la plasticidad de la sub rasante se procedió con la realización de los ensayos de los límites de consistencia para lo cual se procedió con la determinación de los valores del LL, LP y consecuentemente con IP, todo ello para la muestra natural, así como también para las adiciones en 3%, 6% y 9% de NaCl y Cal. Por consiguiente, se procede a presentar tales resultados. Así mismo De acuerdo a la tabla N° 8 se puede observar los valores hallados para la muestra natural, en el cual se visualiza los valores para el LL, LP e IP iguales a 50.1%, 27.5% y 22.6% respectivamente.

Para la muestra natural (MN).

Tabla 8. Valores de LL,LP e IP - suelo natural (SN)

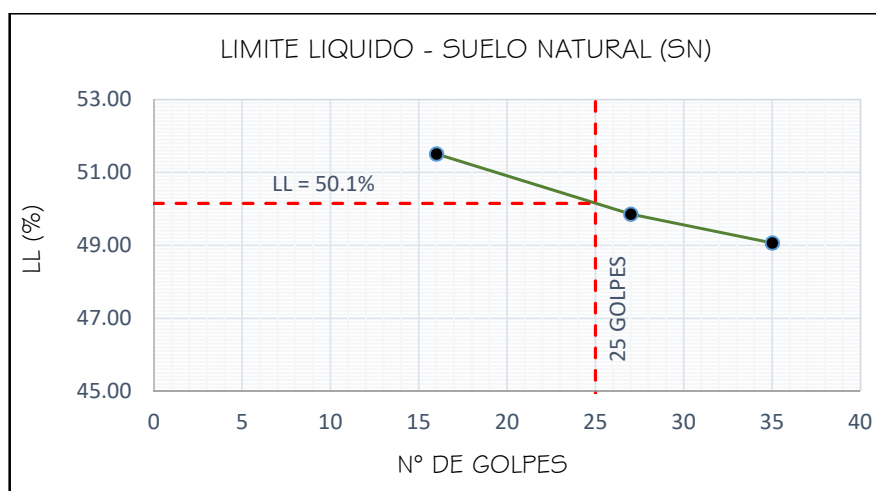
Limite Liquido			
Numero de golpes	16	27	35
N° Muestra	1	2	3
peso. capsula + s. humedo	40.39	43.50	43.02
peso.capsula + s. seco	34.24	38.08	37.99
peso de agua	6.15	5.42	5.03
peso de capsula	22.30	27.21	27.74
Peso s. seco	11.94	10.87	10.25
% contenido humedad	51.51	49.86	49.07
Limite Plastico			

Muestras		1	2		
peso. capsula + s. humedo		32.280	29.95		
peso.capsula + s. seco		30.91	28.78		
peso de agua		1.37	1.17		
peso de capsula		25.97	24.5		
Peso s. seco		4.94	4.28		
% contenido humedad		27.73	27.34		
Resultados :					
LL.(%)	50.1	LP.(%)	27.5	IP.(%)	22.6

Fuente: Elaboración Propia

Tal como se puede apreciar en la figura N° 9 se observa el valor para el limite liquido proyectado para los 25 golpes a partir de la gráfica obtenida de los valores de los límites de consistencia hallados

Figura 9. Valor de LL – Suelo Natural (SN)



Fuente: Elaboración Propia

Para la MN + 3% de NaCl y Cal.

De acuerdo a la tabla N° 9 se puede observar los valores obtenidos para los límites de consistencia para los cuales se halló valores iguales a 44.59%, 34.1% y 10.4% correspondiente al LL, LP e IP respectivamente.

Tabla 9. Valores de LL,LP e IP – SN+3% de NaCl y Cal

Limite Liquido				
Numero de golpes		16	25	36
N° Muestra		1	2	3
peso. capsula + s. humedo	gr	42.66	43.18	43.27
peso.capsula + s. seco	gr	38.40	38.18	38.24

peso de agua	gr	4.26	5.00	5.03
peso de capsula	gr	29.18	26.96	26.54
Peso s. seco	gr	9.22	11.22	11.70
% contenido humedad	%	46.20	44.56	42.99

Limite Plastico

Muestras		1	2
peso. capsula + s. humedo	gr	30.11	32.23
peso.capsula + s. seco	gr	28.57	30.9
peso de agua	gr	1.54	1.33
peso de capsula	gr	24.04	27.02
Peso s. seco	gr	4.53	3.88
% contenido humedad	%	34.00	34.28

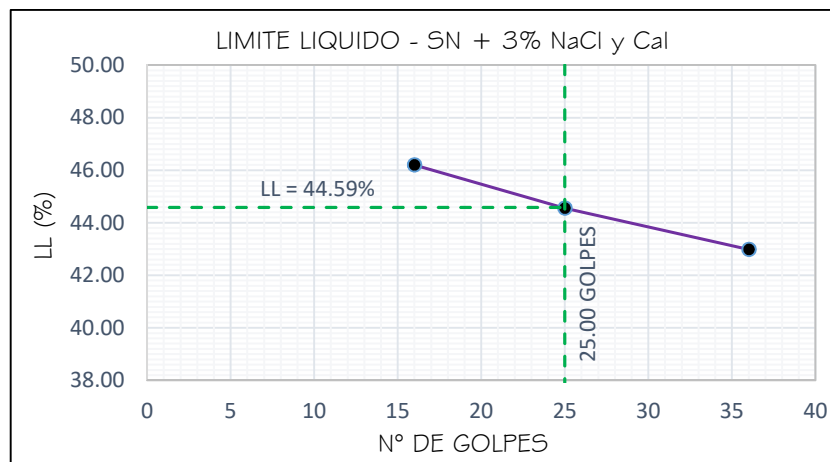
Resultados :

LL.(%)	44.59	LP.(%)	34.1	IP.(%)	10.4
--------	-------	--------	------	--------	------

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar la figura N°10 en el cual se puede visualizar el valor para el LL, el cual se obtuvo un valor igual a 44.59% después de haberse proyectado para los 25 golpes.

Figura 10. Valor de LL – SN+3% de NaCl y Cal



Fuente: Elaboración Propia

Para la MN + 6% de NaCl y Cal.

Así mismo para la adición de NaCl y Cal en 6% se pudo observar valores iguales a 41.6%, 34.3% y 7.3% para el LL, LP e IP respectivamente de acuerdo a la tabla N°10 y figura N°11.

Tabla 10. Valores de LL, LP e IP – SN+6% de NaCl y Cal

Limite Liquido
----------------

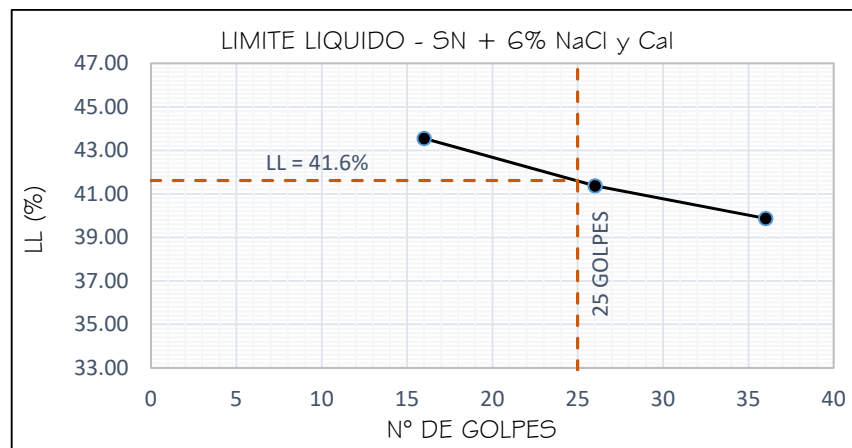
Numero de golpes		16	26	36
N° Muestra		1	2	3
peso. capsula + s. humedo	gr	43.94	40.19	43.43
peso.capsula + s. seco	gr	39.07	35.89	38.58
peso de agua	gr	4.87	4.30	4.85
peso de capsula	gr	27.89	25.50	26.42
Peso s. seco	gr	11.18	10.39	12.16
% contenido humedad	%	43.56	41.39	39.88

Limite Plastico				
Muestras		1	2	
peso. capsula + s. humedo	gr	35.11	31.52	
peso.capsula + s. seco	gr	33.25	29.75	
peso de agua	gr	1.86	1.77	
peso de capsula	gr	27.81	24.6	
Peso s. seco	gr	5.44	5.15	
% contenido humedad	%	34.19	34.37	

Resultados :					
LL.(%)	41.6	LP.(%)	34.3	IP.(%)	7.3

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Valor de LL – SN+6% de NaCl y Cal



Fuente: Elaboración Propia

Para la MN + 9% de NaCl y Cal.

Tabla 11. Valores de LL,LP e IP – SN+9% de NaCl y Cal

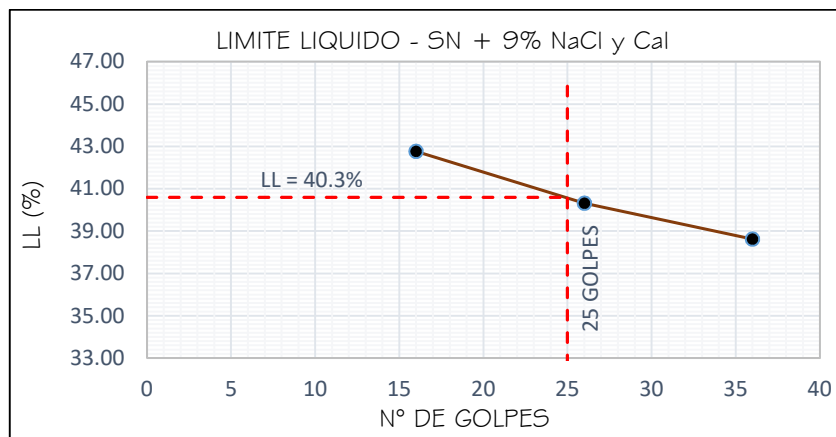
Limite Liquido				
Numero de golpes		16	26	36
N° Muestra		1	2	3
peso. capsula + s. humedo	gr	41.53	42.53	41.90
peso.capsula + s. seco	gr	36.15	37.41	37.69
peso de agua	gr	5.38	5.12	4.21
peso de capsula	gr	23.57	24.71	26.79
Peso s. seco	gr	12.58	12.70	10.90
% contenido humedad	%	42.77	40.31	38.62



Limite Plastico					
Muestras		1	2		
peso. capsula + s. humedo	gr	30.89	29.02		
peso.capsula + s. seco	gr	29.04	27.16		
peso de agua	gr	1.85	1.86		
peso de capsula	gr	23.6	21.55		
Peso s. seco	gr	5.44	5.61		
% contenido humedad	%	34.01	33.16		
Resultados :					
LL.(%)	40.3	LP.(%)	33.6	IP.(%)	6.7

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. Valor de LL – SN+9% de NaCl y Cal



Fuente: Elaboración Propia

Así mismo procedemos a presentar el resumen de los resultados obtenidos del ensayo de los límites de consistencia de acuerdo a la tabla N°12

Tabla 12. Cuadro Resumen de LL,LP e IP

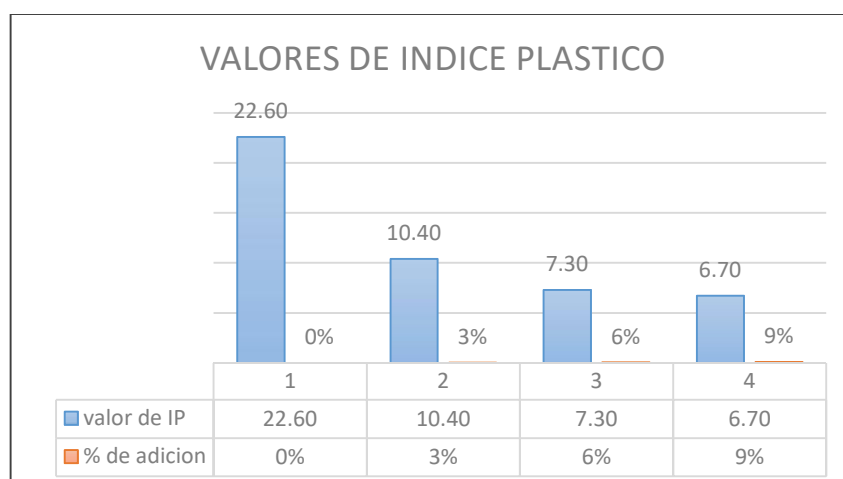
Muestra	Limite Liquido (LL) (%)	Limite Plastico (LP) (%)	Indice Plastico (IP) (%)
Suelo Natural (SN)	50.1	27.5	22.6
SN + 3% de NaCl y Cal	44.59	34.1	10.4
SN + 6% de NaCl y Cal	41.6	34.3	7.3
SN + 9% de NaCl y Cal	40.3	33.6	6.7

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** De acuerdo a los cuadros y figuras presentadas para los resultados obtenidos del ensayo de límites de consistencia, se puede visualizar de manera

resumida la tabla N° 12 en la cual se muestra los valores para el LL, LP e IP, Para las distintas adiciones de NaCl y Cal, para lo cual podemos mencionar lo siguiente: para la muestra natural se obtuvo valores para el LL y LP iguales a 50.1% y 27.5% respectivamente por lo que se obtuvo un valor para el IP igual a 22.6%, con este valor del IP obtenido podemos indicar que el suelo en análisis cuenta con una plasticidad alta, ya que de acuerdo al manual de carreteras del MTC, clasifica a los suelos en función al valor de su índice de plasticidad (IP), en este caso el manual indica que para suelos con un IP mayores a 20% se les denomina suelos con alta plasticidad y característicos de suelos altamente arcillosos. Para tal efecto el suelo en estudio recae en tales condiciones. Así mismo para la adición en 3% de NaCl y Cal se obtuvo un LL y LP iguales a 44.59% y 34.1% por lo que se obtuvo un IP igual a 10.4% de igual manera a partir de este valor hallado para el IP podemos mencionar que el manual considera a aquellos suelos que se encuentran en un rango de 7 – 20 para su IP, son denominados suelos con una plasticidad media con características de suelos arcillosos es así que la muestra con adición al 3% se encuentra en este rango llegando a cumplir tales características, de igual manera para la adición en 6% de NaCl y Cal se obtuvo un LL y LP iguales a 41.6% y 34.6% respectivamente, obteniéndose a si un IP igual a 7.3% de igual manera para este porcentaje de adición la muestra vendría a ser un suelo con plasticidad media característico de suelos arcillosos. Por ultimo para la adición en 9% se obtuvo un LL y LP iguales a 40.3% y 33.6% respectivamente para lo cual se halló un IP igual a 6.7%, para este caso el manual nos indica que para suelos con IP menores a 7% se les denomina suelos con plasticidad baja característicos de suelos poco arcillosos por tanto para esta última adición estaría cumpliendo tales características. Por otro lado procedemos a presentar la siguiente figura para el IP en el cual se detalla los porcentajes obtenidos de las distintas adiciones de NaCl y Cal realizadas.

Figura 13. Valor de IP vs % de adición



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura N° 13 se puede visualizar como los valores para el IP van decreciendo acorde aumenta el porcentaje de adición de NaCl y Cal, tal es así que para la muestra natural con adición en 3% se alcanzó una reducción desde un 22.6% a un 10.4% llegando a reducir un 12.2% en su IP, de igual forma para la adición en 6% se observó una reducción de 15.3% con respecto a la muestra natural, para la adición en 9% se observó una reducción de 15.9%, sin embargo para la adición de 6% y 9% se genera entre ellas un decrecimiento casi lineal para el cual podríamos afirmar que acorde se valla adicionado las reducciones se harían cada vez más lineales.

Prueba de hipótesis. con respecto a la hipótesis específica 01: La aplicación de cloruro de sodio y cal reduce la plasticidad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022. Como se puede observar de acuerdo a los resultados presentados para los valores de los índices plásticos obtenidos para las distintas adiciones de cloruro de sodio y cal los cuales fueron en 3%, 6% y 9%, se puede verificar que efectivamente se evidenció una reducción para los distintos porcentajes de adición aplicados por tanto podemos culminar indicando que, si se apoya la hipótesis planteada inicialmente.

Con Referencia al objetivo específico 02: Analizar la influencia de la aplicación de cloruro de sodio y Cal en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022. Para dar cumplimiento tal objetivo procedemos a presentar los ensayos realizados. Que para este caso se realizó el ensayo de proctor.

Para la Muestra Natural (MN).

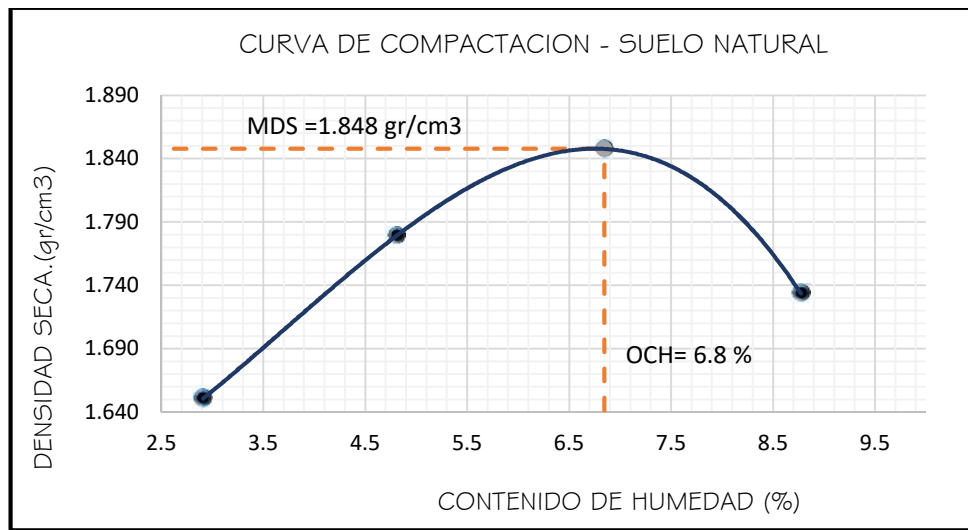
Tanto en la tabla N° 13 como en la figura N° 14 se puede observar los valores hallados en laboratorio para la MDS y OCH correspondientes a la muestra natural para los cuales se obtuvo valores iguales a 1.848 gr/cm<sup>3</sup> y 6.8% respectivamente.

Tabla 13. Valores de MDS y OCH Para MN

DENSIDAD SECA					
N° de ensayo	N°	1	2	3	4
Vol. del Molde	cm <sup>3</sup>	2323	2323	2323	2323
Peso Molde + Muestra	g	10567	10952	11207	11002.0
Peso Molde	g	6621	6621	6621	6621
Peso De La Muestra	g	3946	4331	4586	4381
Densidad Humeda	g/cc	1.699	1.864	1.974	1.886
Densidad Seca	g/cc	1.651	1.779	1.848	1.734
PORCENTAJE HUMEDAD					
Tarro	N°	1	2	3	4
Peso Del T. + Suelo Humedo	g	637	633	640	645
Peso Del T. + Suelo Seco	g	619	604	599	593
Peso Agua	g	18	29	41	52
Peso Tarro	g	0	0	0	0
Peso Suelo Seco	g	619	604	599	593
Contenido de Humedad	%	2.9	4.8	6.8	8.8
MAXIMA DENSIDAD SECA =	1.848	gr/cm <sup>3</sup>	OCH (%) =	6.8	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14. Curva de Compactación - SN



Fuente: Elaboración Propia

Para la Muestra Natural (MN) + 3% de NaCl y Cal.

Como se puede observar tanto en la tabla N° 14 como en la figura N° 15 se puede observar los valores hallados en laboratorio para la MDS y OCH correspondientes a la muestra natural + el 3% de NaCl y Cal, para los cuales se obtuvo valores iguales a 1.845 gr/cm<sup>3</sup> y 4.8% respectivamente.

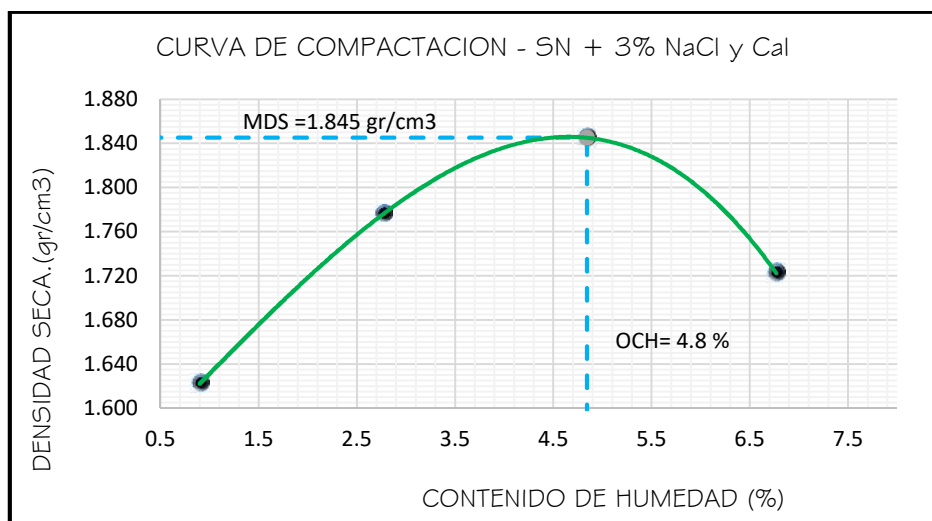
Tabla 14. MDS y OCH Para MN + 3% de NaCl y Cal

DENSIDAD SECA					
N° de ensayo	N°	1	2	3	4
Vol. del Molde	cm <sup>3</sup>	2151	2151	2151	2151
Peso Molde + Muestra	g	11557	11963	12197	11992.0
Peso Molde	g	8036	8036	8036	8036
Peso De La Muestra	g	3521	3927	4161	3956
Densidad Humeda	g/cc	1.637	1.826	1.934	1.839
Densidad Seca	g/cc	1.622	1.776	1.845	1.723
PORCENTAJE HUMEDAD					
Tarro	N°	1	2	3	4
Peso Del T. + Suelo Humedo	g	560	556	563	568
Peso Del T. + Suelo Seco	g	555	541	537	532
Peso Agua	g	5	15	26	36
Peso Tarro	g	0	0	0	0
Peso Suelo Seco	g	555	541	537	532
Contenido de Humedad	%	0.9	2.8	4.8	6.8

MAXIMA DENSIDAD SECA = 1.845 gr/cm3 OCH (%) = 4.8

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15. Curva de Compactación – SN+3% de NaCl y Cal



Fuente: Elaboración Propia

Para la Muestra Natural (MN) + 6% de NaCl y Cal.

Como se puede observar en la tabla N° 15 y figura N° 16, para la adición en 6% se logró hallar valores iguales a 1.975 gr/cm<sup>3</sup> y 5.9% correspondientes a la MDS y OCH respectivamente.

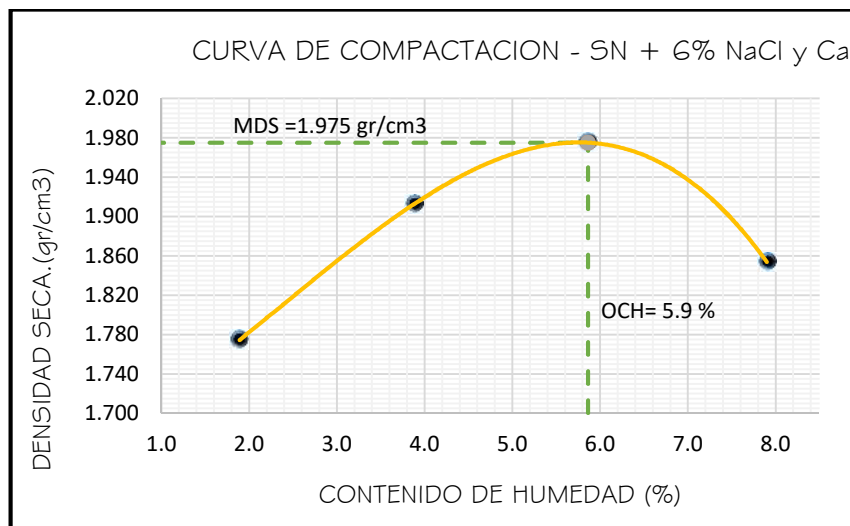
Tabla 15. MDS y OCH Para MN + 6% de NaCl y Cal

DENSIDAD SECA					
N° de ensayo	N°	1	2	3	4
Vol. del Molde	cm <sup>3</sup>	2264	2264	2264	2264
Peso Molde + Muestra	g	10651	11056	11291	11086.0
Peso Molde	g	6557	6557	6557	6557
Peso De La Muestra	g	4094	4499	4734	4529
Densidad Humeda	g/cc	1.808	1.987	2.091	2.000
Densidad Seca	g/cc	1.775	1.913	1.975	1.854
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro	N°	1	2	3	4
Peso Del T. + Suelo Humedo	g	593	589	596	601
Peso Del T. + Suelo Seco	g	582	567	563	557
Peso Agua	g	11	22	33	44

Peso Tarro	g	0	0	0	0
Peso Suelo Seco	g	582	567	563	557
Contenido de Humedad	%	1.9	3.9	5.9	7.9
MAXIMA DENSIDAD SECA =	1.975 gr/cm3	OCH (%) =			5.9

Fuente: Elaboración Propia

Figura 16. Curva de Compactación – SN+6% de NaCl y Cal



Fuente: Elaboración Propia

Para la Muestra Natural (MN) + 9% de NaCl y Cal.

Como se puede observar en la tabla N° 16 y figura N° 17, para la adición en 9% se logró hallar valores iguales a 1.963 gr/cm<sup>3</sup> y 8.3% correspondientes a la MDS y OCH respectivamente.

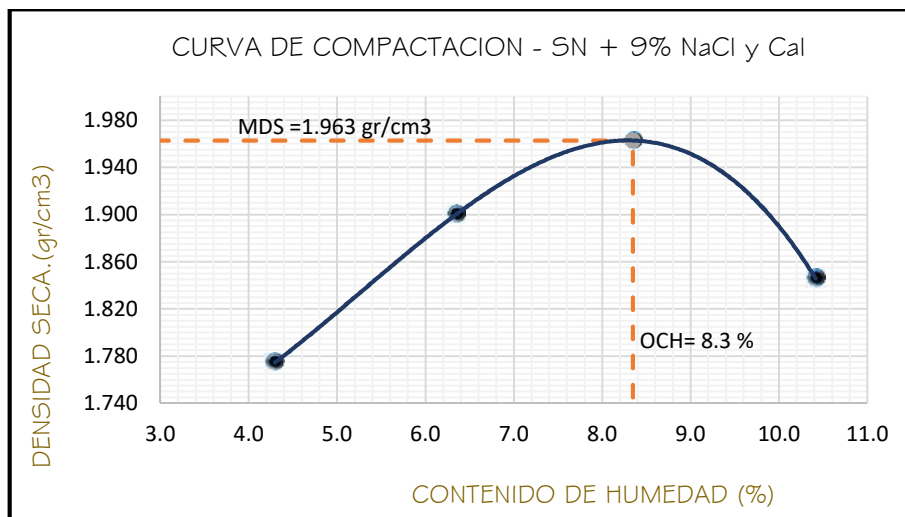
Tabla 16. MDS y OCH Para MN + 9% de NaCl y Cal

DETERMINACION:					
N° de ensayo	N°	1	2	3	4
Vol. del Molde	cm <sup>3</sup>	2321	2321	2321	2321
Peso Molde + Muestra	g	10803	11198	11443	11238.0
Peso Molde	g	6507	6507	6507	6507
Peso De La Muestra	g	4296	4691	4936	4731
Densidad Humeda	g/cc	1.851	2.021	2.127	2.038
Densidad Seca	g/cc	1.775	1.900	1.963	1.846
CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro	N°	1	2	3	4
Peso Del T. + Suelo Humedo	g	607	603	610	615
Peso Del T. + Suelo Seco	g	582	567	563	557

Peso Agua	g	25	36	47	58
Peso Tarro	g	0	0	0	0
Peso Suelo Seco	g	582	567	563	557
Contenido de Humedad	%	4.3	6.3	8.3	10.4
MAXIMA DENSIDAD SECA =	1.963 gr/cm <sup>3</sup>	OCH (%) =	8.3		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 17. Curva de Compactación – SN+9% de NaCl y Cal



Fuente: Elaboración Propia

Así mismo procedemos a presentar el resumen de los resultados obtenidos del ensayo de proctor. Tanto para la MDS como para el OCH. De acuerdo al cuadro N° 17

Tabla 17. Cuadro Resumen de MDS y OCH

Adición	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)
Suelo Natural (SN)	1.848	6.8
SN + 3% de NaCl y Cal	1.845	4.8
SN + 6% de NaCl y Cal	1.975	5.9
SN + 9% de NaCl y Cal	1.963	8.3

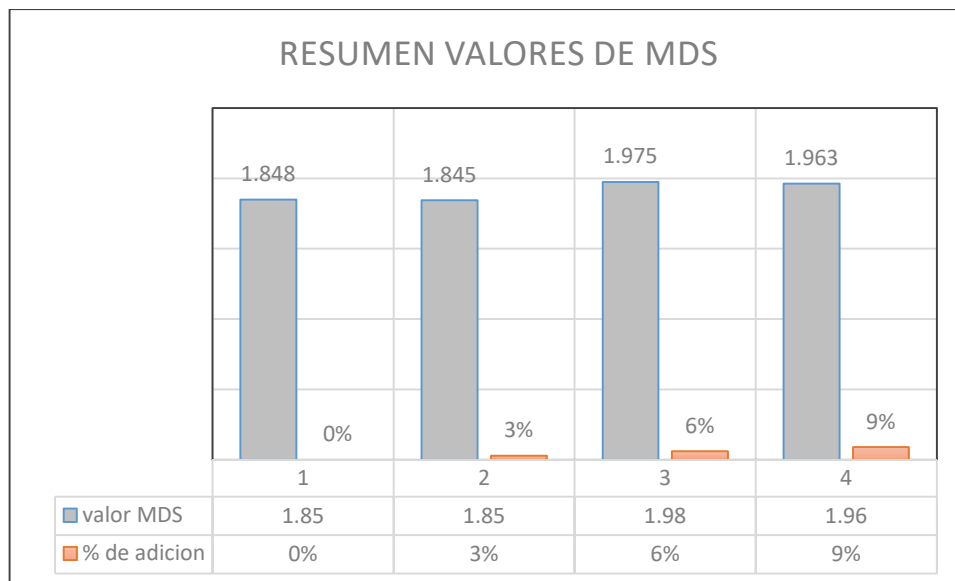
Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** De acuerdo a los cuadros y figuras presentadas para los resultados obtenidos del ensayo de Proctor, se puede visualizar de manera resumida la tabla N° 17 en la cual se muestra los valores para la MDS y OCH tanto para la muestra natural como para las distintas adiciones establecidas de NaCl y Cal, en ella se puede constatar lo siguiente, para la muestra natural se obtuvo una MDS igual a 1.848 gr/ gr/cm<sup>3</sup> así mismo para la adición en 3% de NaCl y Cal se



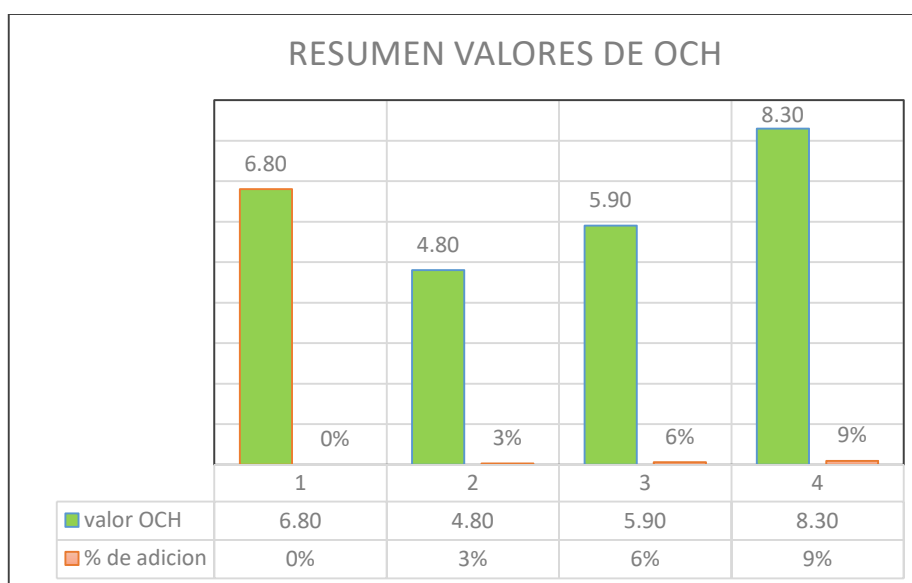
obtuvo un valor para su MDS de 1845 gr/cm<sup>3</sup> evidenciándose así una reducción de 0.003 gr/cm<sup>3</sup> equivalente a 0.162% de la muestra natural. Así mismo para la adición en 6% de NaCl y Cal se observó mejores resultados para la MDS llegándose a obtener un valor de 1.975gr/cm<sup>3</sup> del mismo modo se puede verificar un incremento en 6.872% con respecto a la muestra natural. Por último se puede visualizar el valor de la MDS para la adición de 9% de NaCl y Cal en el cual se visualiza un valor igual a 1.963% de igual forma se puede evidenciar un incremento de 6.222% con respecto a la muestra natural. Después de haber presentado los valores de la MDS para las distintas incorporaciones de NaCl y Cal, podemos afirmar que, para la incorporación en 6% de NaCl y Cal vendría a ser la más conveniente ya que se ha evidenciado una notable mejoría de la muestra estudiada. Por otra parte procedemos a presentar las figuras N° 18 y N° 19, en las cuales se pueden visualizar los valores de la MDS y OCH para las incorporaciones de NaCl y Cal realizadas.

Figura 18. MDS vs % de Adición



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19. OCH vs % de Adición



Fuente: Elaboración Propia

Prueba de hipótesis. con respecto a la hipótesis específica 02: La aplicación de cloruro de sodio y cal incrementa la máxima densidad seca y reduce el óptimo contenido de humedad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022. Como se ha podido evidenciar de acuerdo a los resultados mostrados para los valores de la Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad obtenidos para las distintas adiciones de cloruro de sodio y cal los cuales fueron en 3%, 6% y 9%, se pudo verificar que efectivamente se evidenció el incremento de la máxima densidad seca, así mismo para los valores del óptimo contenido de humedad se verificó la reducción en cierta medida por tanto podemos culminar indicando que, si se apoya la hipótesis planteada inicialmente.

Con Referencia al objetivo específico 03: Analizar la influencia de la aplicación de cloruro de sodio y Cal en la capacidad de soporte de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022. Procedemos a presentar los ensayos realizados para la determinación de la capacidad de soporte del suelo en estudio. Para este caso vendría a ser el ensayo de CBR, teniendo en cuenta las distintas adiciones de NaCl y Cal que se realizaron, para este caso fueron de 3%, 6% y 9%. Para ello en la siguiente tabla presentamos los valores antes mencionados.

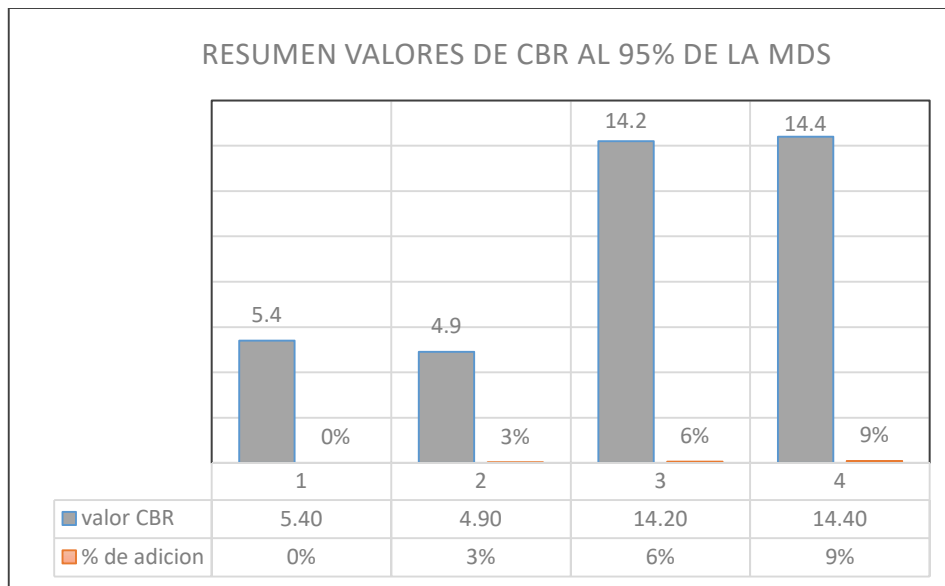
Tabla 18. Cuadro Resumen de CBR

Adicion	CBR al 0.1" del	
	95% de la MDS	100% de la MDS
Suelo Natural (SN) + 0% de NaCl y Cal	5.4	10.0
SN + 3% de NaCl y Cal	4.9	15.5
SN + 6% de NaCl y Cal	14.2	22.0
SN + 9% de NaCl y Cal	14.4	28.0

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** de acuerdo a las tablas N°18 se puede verificar los valores obtenidas para la capacidad de soporte de la muestra estudiada para las distintas adiciones de NaCl y Cal indicadas anteriormente. Así mismo se puede afirmar que, para la muestra natural se obtuvo un CBR igual a 5.4% del 95% de la MDS, para el cual según el manual de carreteras estaría considerada dentro de la categoría de sub rasante del tipo insuficiente ya que el valor de CBR para la muestra natural hallada se encuentra dentro del rango de 3% a 6%. Así mismo para la adición de NaCl y Cal en 3% se verificó un valor de 4.9% para el cual hubo una reducción del valor de CBR con respecto a la muestra natural, de igual forma se mantiene dentro de la categoría de sub rasante insuficiente. Por otro lado para la adición en 6% de NaCl y Cal se obtuvo un CBR igual a 14.2% para el cual según el manual del MTC podemos indicar como una subrasante de categoría buena, por último se tiene los valores hallados para la adición en 9% para el cual se halló un CBR igual 14.4% para tal efecto podemos indicar como un CBR de categoría buena. Así mismo se presenta la siguiente gráfica en la cual se observa los valores obtenidos para cada adición de NaCl y Cal

Figura 20. CBR vs % de Adición de NaCl y Cal



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura N° 20 se puede observar los valores de CBR hallados para los distintos porcentajes de adición de NaCl y Cal en el cual se puede observar un CR para la muestra natural igual a 5.4% así mismo se puede visualizar para la adición en 3% un CBR igual a 4.9% evidenciándose así una reducción en 0.50% con respecto a la muestra natural, del mismo modo para la adición en 6% se llegó a obtener un valor de 14.20% evidenciando de igual forma un incremento de su CBR en un 9.3% con respecto a la muestra natural. Por otro lado procedemos a presentar la tabla N° 19 en el se muestra el cuadro general de resultados obtenidos a partir de la realización de los distintos ensayos realizados en laboratorio.

Prueba de hipótesis. con respecto a la hipótesis específica 03: La aplicación de cloruro de sodio y cal incrementa la capacidad de soporte de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022. Como se puede observar de acuerdo a los resultados presentados para los valores CBR obtenidos para las distintas adiciones de cloruro de sodio y cal los cuales fueron en 3%, 6% y 9%, se puede verificar que efectivamente se verificó un incremento para los distintos porcentajes de adición aplicados por tanto podemos culminar indicando que, si se apoya la hipótesis planteada inicialmente.

Tabla 19. Cuadro General de resultados

ENSAYOS	PORCENTAJES DE ADICION				
	0%	3%	6%	9%	
LL (%)	50.1	44.59	41.6	40.3	
LP (%)	27.5	34.1	34.3	33.6	
IP (%)	22.6	10.4	7.3	6.7	
MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	1.848	1.845	1.975	1.963	
OCH (%)	6.8	4.8	5.9	8.3	
CBR (0.1")	95%	5.4	4.9	14.2	14.4
	100%	10.0	15.5	22.0	28.0

Fuente: Elaboración Propia

## V.D ISCUSIÓN

De acuerdo a los antecedentes considerados en esta investigación se procede a presentar los resultados obtenidos para cada antecedente.

D1. Según (Mendez Cerna, 2021) en su trabajo de investigación titulada “estabilización de suelo arcilloso para el mejoramiento de la subrasante adicionando cloruro de sodio, tramo primorpampa-cascapara, yungay, ascash 2021”, en el cual aplicó NaCl en porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5%, para los cuales obtuvo valores para el índice plástico (IP) iguales a 14%, 12%, 11% y 12% correspondientes a la adición de 0%, 1.5%, 3% y 4.5% respectivamente. Como se puede observar para la adición de 1.5% de NaCl se redujo el IP en 2% con respecto a la muestra natural, para la adición de 3% se redujo el IP en 3% con respecto a la muestra natural, por último para la adición del 4.5% evidenció una reducción de 2%, así mismo se puede observar las reducciones de los valores del IP, sin embargo las reducciones que se obtuvieron no fueron muy significativas tal como se explicó anteriormente. Así mismo se puede observar que las reducciones halladas no mantienen ese decremento de manera proporcional tal es así por ejemplo para la adición de 3% se obtuvo una reducción de 3% y para la adición de 4.5% solo redujo en un 2%. Por otro lado se tiene a (Moale Quispe & Rivera Justo, 2019) en su trabajo de investigación titulada “Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de villa rica” para lo cual en esta investigación adicionaron Cal en porcentajes de 9%, 15% y 21%, de los cuales obtuvieron valores para el IP iguales a 14%, 6.27%, 3.29% y 1.78% para las adiciones de 0%, 9%, 15% y 21% respectivamente. Se puede observar que para el 9% de adición hubo una reducción de 7.73%, para la adición de 15% se redujo en 10.71% y para la adición de 21% de adición se obtuvo una reducción de 12.22%, se puede observar las reducciones presentadas siendo significativas, favorables y proporcionales con respecto a los porcentajes de adición añadidas. Del mismo modo tenemos a (Robles Diaz, 2018) en su trabajo titulada “Análisis y estabilización de arcilla negra con cloruro de sodio (NaCl), arena pomez, Cal y cemento, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas”, en el cual dicho autor propuso la aplicación de NaCl y Cal de manera independiente en porcentajes de 5%, 12% y 20% de los cuales para la adición de NaCl obtuvo los siguientes

valores para el IP, 48.2%, 18.5%, 16.10% y 13.3% correspondientes de la adición en 0%, 5%, 12% y 20% respectivamente, como se puede observar para la adición en 5% se generó una reducción en 29.7% con respecto a la muestra natural, para la adición de 12% se redujo en 32.1%, para la adición de 20% se redujo en 34.9%, con estos resultados queda evidente las reducciones obtenidas sin embargo acorde se fue añadiendo el NaCl no se evidenció las reducciones esperadas ya que para la adición 20% volvió a incrementar el valor del IP. De igual forma (Robles diaz, 2018) aplicó Cal obteniendo valores iguales a 48.2%, 13.3%, 2.1% y 1% correspondientes a la adición de 0%, 5%, 12% y 20% respectivamente. Como se puede ver obtuvo una reducción de 44.4% para la adición de 5% de Cal, para la adición de 12% obtuvo una reducción de 46.1%, por último para la adición de 20% obtuvo una reducción de 47.2%, todo ello con respecto a la muestra natural. Así mismo para esta investigación se propuso la incorporación de NaCl y Cal de manera combinada y en porcentajes de 3%, 6% y 9% para los cuales se obtuvo los siguientes valores para el índice plástico (IP) iguales a 22.6%, 10.4%, 7.3%, 6.7% correspondientes para la adición de 0%, 3%, 6% y 9% respectivamente. Como se puede observar para la adición de 3% de NaCl y Cal se pudo observar una reducción de 12.2% con respecto a la muestra natural, así mismo para la adición de 6% hubo una reducción de 15.3%, por último para la adición de 9% se obtuvo una reducción del IP en 15.9% con respecto a la muestra natural. De acuerdo a lo mencionado anteriormente podemos afirmar que, para las tres adiciones realizadas se lograron obtener resultados satisfactorios como se puede observar así mismo, acorde se fue añadiendo NaCl y cal se evidenció una reducción en el IP de manera proporcional. Es así que a partir de los resultados presentados tanto de los antecedentes considerados como de la presente investigación procedemos a corroborar o discrepar con dichas investigaciones para ello indicamos de la siguiente manera. De acuerdo a los resultados mostrados de (Mendez Cerna, 2021) que, sin bien es cierto en dicha investigación se verificó una reducción en cierta medida favorables en los valores de los IP tal como se mostró, podemos afirmar una discrepancia con dicha investigación ya que para nuestra investigación hubo una mejora de forma significativa al obtenerse una mayor reducción en los valores de los índices plásticos. Por tanto concluimos que, con la aplicación de manera combinada de NaCl y Cal se obtienen resultados más satisfactorios para el índice

plástico. De la misma manera de acuerdo a los resultados presentados por (Moale Quispe & Rivera Justo, 2019) se puede verificar una mejor concordancia con dicha investigación ya que los resultados presentados muestran reducciones favorables al igual que nuestra investigación, obteniéndose para ambas investigaciones reducciones muy notorias en los valores de los índices plásticos. A que aclarar que para dicha investigación adicionaron en porcentajes de 9%, 15% y 20% siendo porcentajes altos de adición es por ello que también obtuvieron mejoras significativas. Por ejemplo tales autores al aplicar Cal en 9% obtuvieron una reducción de 7.73% en su IP, para nuestro caso al aplicar NaCl y Cal en combinación en un 9% obtuvimos una reducción de 15.9%, viéndose de esa manera una notoria diferencia, sin embargo se puede evidenciar una concordancia con dicha investigación. Por otro lado de acuerdo a (Robles Díaz, 2018) en sus resultados de haber adicionado NaCl y Cal de manera independiente se pudo corroborar reducciones muy significativas para la aplicación de cada una de las componentes tal como se mostró anteriormente, es así que podemos afirmar, a partir de la verificación de los resultados mostrados por (Robles Díaz, 2018) hemos corroborado una concordancia con nuestra investigación ya que para ambas investigaciones se evidenció una reducción favorable para los valores del índice plástico acorde se fue adicionando el NaCl y Cal.

**D2.** Según (Mendez Cerna, 2021) en su trabajo de investigación titulada “estabilización de suelo arcilloso para el mejoramiento de la subrasante adicionando cloruro de sodio, tramo primorpampa-cascapara, yungay, ascash 2021”, para lo cual aplicó cloruro de Sodio (NaCl). De los cuales podemos mostrar los valores obtenidos para la máxima densidad seca (MDS) y óptimo contenido de humedad (OCH) de la aplicación en porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5% llegando a obtener los siguientes valores para la MDS, 1.799 gr/cm<sup>3</sup>, 1.83 gr/cm<sup>3</sup>, 1.842 gr/cm<sup>3</sup> y 1.81 gr/cm<sup>3</sup> correspondientes a la adición de 0%, 1.5%, 3% y 4.5% de NaCl, así mismo obtuvo los siguientes valores para el OCH, 14%, 13%, 12.5% y 12% correspondientes de la adición de 0%, 1.5%, 3% y 4.5% respectivamente. Así mismo para la MDS se pudo comprobar, que para la adición de 1.5% de NaCl se evidenció un incremento del 1.72% con respecto a la muestra natural, para la adición de 3% hubo un incremento del 2.39% con respecto a la muestra natural, por último para la adición de 4.5% se comprobó un incremento del 0.611% con



respecto a la muestra natural, como se puede observar a pesar que se dió una mayor adición de NaCl en este caso para el 4.5% se pudo afirmar un decremento de la MDS en comparación con las otras adiciones. Así mismo con respecto a los valores presentados para el OCH se pudo verificar una reducción directamente proporcional a los porcentajes de adición aplicados, sin embargo tales reducciones fueron no fueron muy significativas. Tal es así por ejemplo para la adición mayor que fue de 4.5% solo se halló una reducción de 2% con respecto a la muestra natural. Por otro lado tenemos a (Moale Quispe & Rivera Justo, 2019) en su trabajo de investigación titulada “Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de villa rica” para lo cual aplicó Cal en porcentajes de 9%, 15% y 21% para la obtención de la MDS y OCH, tal es así que llegaron a obtener los siguientes valores para la MDS, 1.85 gr/cm<sup>3</sup>, 1.87 gr/cm<sup>3</sup>, 1.89 gr/cm<sup>3</sup>, 1.88 gr/cm<sup>3</sup>, correspondientes a la adición de 0%, 9%, 15% y 21% respectivamente. Por lo que podemos indicar que, para la adición de 9% de Cal se llegó a incrementar en 1.08% el valor de la MDS con respecto a la muestra natural, para la adición en 15% se llegó a incrementar en 2.16% con respecto a la muestra natural, por último para la adición en 21% se llegó a incrementar en 1.62% con respecto a la muestra natural. Como se puede observar los incrementos para la MDS no son muy significativas incluso para la adición mayor que en este caso fue para el 21% de Cal, generó un menor incremento en comparación a las otras adiciones que fueron de 9% y 15% tal como se puede observar. De igual forma para los valores del OCH se observó los siguientes valores iguales a 13.4%, 14.6%, 14% y 13.6% para la adición de 0%, 9%, 15% y 20% respectivamente, como se puede observar se verificó incrementos para las distintas adiciones tal es así que se generó incrementos de 1.2%, 0.60% y 0.20% correspondientes a la adición de 9%, 15% y 21% respectivamente, todo ello con respecto a la muestra natural. De igual manera tenemos a (Quispe Huaman, y Rodríguez Huaman, 2020) en su trabajo de investigación titulada “Mejoramiento del suelo arenoso y limoso con Cloruro de Sodio y cal para subrasante con pruebas de CBR- Cusco 2020” en el cual aplicó NaCl y Cal de manera combinada en porcentajes de 4%, 8% y 12% de los cuales se pudo verificar los siguientes resultados para la MDS iguales a 1.83 gr/cm<sup>3</sup>, 1.96 gr/cm<sup>3</sup>, 1.98 gr/cm<sup>3</sup>, 2.00 gr/cm<sup>3</sup> después de haberse aplicado en porcentajes de 0%, 4%, 8% y 12%

respectivamente. Como se puede observar los valores hallados muestran incrementos favorables y significativos llegando a obtener valores proporcionales a los porcentajes de adición aplicados. De igual modo para los valores del OCH se halló los siguientes valores 12.4%, 13.8%, 9.7% y 13.7% correspondientes a la adición de 0%, 4%, 8% y 12% respectivamente. Se puede observar una irregularidad para los valores hallados del OCH ya que para el porcentaje de adición de 4% el valor de OCH llega a incrementarse en 1.4% con respecto a la muestra natural, así mismo para la adición de 8% hubo una reducción de 2.7% y para la adición de 12% se volvió a incrementar en 1.3% con respecto a la muestra natural. Por otro lado para la presente investigación se aplicó NaCl y Cal de manera combinada de los cuales se obtuvo los siguientes valores para la MDS, 1.848 gr/cm<sup>3</sup>, 1.845 gr/cm<sup>3</sup>, 1.975 gr/cm<sup>3</sup> y 1.963 gr/cm<sup>3</sup>, correspondientes a la adición de 0%, 3%, 6% y 9% respectivamente, como se puede visualizar se puede observar una reducción para la adición de 3% en 0.16% con respecto a la muestra natural, para la adición de 6% se puede observar un incremento en 6.87% con respecto a la muestra natural, así mismo para la adición en 9% se evidenció un incremento de 6.22% con respecto a la muestra natural de igual modo los valores hallados para el OCH fueron iguales a 6.8%, 4.8%, 5.9% y 8.3% correspondientes a la adición en 0%, 3%, 6% y 9% respectivamente. De acuerdo a los resultados mostrados de cada antecedente procedemos a determinar lo siguiente, de acuerdo con (Mendez Cerna, 2021) se pudo evidenciar una concordancia con nuestra investigación ya que para ambos casos los valores de la MDS incrementa gradualmente siendo favorable, así mismo para los valores de OCH en cierta medida son concordantes ya que en nuestro caso para las adiciones de 3% y 6% se llega a reducir y para la adición en 9% comienza a incrementar sus valores, así mismo para Mendez Cerna, en sus distintas adiciones realizadas se reduce de manera paulatina aunque en valores muy bajos tal como sucedió en nuestro caso, por tanto podemos afirmar que para ambos trabajos sí se llega a alcanzar la reducción en los valores del OCH. De igual modo tenemos a (Moale Quispe & Rivera Justo, 2019) para los cuales se presentó sus resultados para la MDS llegando a observar irregularidades en sus valores hallados ya que para la adición que realizaron en porcentajes de 9% y 15%, sí se llega a incrementar aunque de manera mínima y para la adición de 21% ya no mantiene ese incremento, por tanto podemos indicar que para los valores de la

MDS no son concordantes con nuestra investigación ya que para nuestro caso tal como se presentó los resultados, hubo incrementos mas significativos habiendo una mejoría mas notoria. Así mismo para los valores del OCH de igual forma podemos corroborar una discrepancia con dicha investigación ya que para nuestro caso los valores obtenidos fueron dándose en reducción mas allá de la última adición que se dió un incremento, sin embargo para la investigación de Moale Quispe & Rivera Justo, en todos las adiciones que aplicaron se vió un incremento sobrepasando el valor de la muestra natural, por tanto se discrepa con dicha investigación. por otro lado tenemos a (Quispe Huaman, Raul Jhosias Jhafeth y Rodriguez Huaman Luis, 2020), para su investigación si obtuvo mejorías muy similares al nuestro, llegando a incrementar los valores de la MDS por tanto podemos corroborar la concordancia entre ambas investigaciones, de igual forma los valores hallados para el OCH se pudieron observar comportamientos similares para las dos investigaciones ya que para ambos casos se obtuvieron valores de OCH irregulares sin embargo para nuestro caso se puede ver un mejor comportamiento para los valores del OCH. Por tanto en cierta medida se puede reafirmar la concordancia en ambas investigaciones.

**D3.** Según (Mendez Cerna, 2021) en su trabajo de investigación titulada “estabilización de suelo arcilloso para el mejoramiento de la subrasante adicionando cloruro de sodio, tramo primorpampa-cascapara, yungay, ascash 2021” para el cual dicho autor adicionó NaCl en porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5%. tal es así que llegó a obtener los siguientes valores para los valores de CBR al 95% de la MDS, 4.83%, 5.50%, 5.63% y 4.95% para la adición de 0%, 1.5%, 3% y 4.5% respectivamente así mismo se puede observar el bajo incremento que se consiguió para cada adición por ejemplo para la adición de 1.5% se evidencio un incremento en 0.67% con respecto a la muestra natural, para la adición de 3% se evidencio un incremento 0.80% y para la adición de 4.5% de NaCl se observó un incremento de 0.12% con respecto a la muestra natural. Tal como se mostró los resultados se puede afirmar el bajo incremento obtenido para cada adición incluso para la adición

mayor que fue de 4.5% se vió un decremento del valor del CBR en comparación a las adiciones menores aplicadas. Por otro lado tenemos a (Moale Quispe & Rivera Justo, 2019) en su trabajo de investigación titulada “Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de villa rica” para lo cual aplicó Cal en porcentajes de 9%, 15% y 21% para la obtención de los valores de CBR al 95% para los cuales halló los siguientes valores, 3.3%, 3.8%, 5.9% y 4.10% correspondientes a la adición de 0%, 9%, 15% y 21% respectivamente tal como se presentó tales resultados podemos determinar que para las adiciones realizadas se obtuvo valores de CBR muy bajos no siendo proporcionales a los porcentajes de adición por ejemplo para la adición de 9% se obtuvo incremento de 0.50% con respecto a la muestra natural, para la adición de 15% se halló un incremento en 2.6% con respecto a la muestra natural y para la adición de 21% se halló un incremento en 0.80% con respecto a la muestra natural, con estos datos mostrados podemos corroborar lo que se indicó en un inicio. De igual modo tenemos a (Quispe Huaman, Raul Jhosias Jhafeth y Rodriguez Huaman Luis, 2020) en su trabajo de investigación titulada “Mejoramiento del suelo arenoso y limoso con Cloruro de Sodio y cal para subrasante con pruebas de CBR- Cusco 2020” en el cual aplicó NaCl y Cal de manera combinada en porcentajes de 4%, 8% y 12% de los cuales se pudo verificar los siguientes resultados para los valores de CBR al 95% llegando a obtener los siguientes valores, 3%, 11%, 11% y 12% correspondientes de la adición de 0%, 4%, 8% y 12% respectivamente, como se puede observar para la adición de 4% se obtuvo una mejora en 8% con respecto a la muestra natural, para la adición de 8% se obtuvo un incremento de 8% y para la adición de 12% se obtuvo un incremento de 9% con respecto de la muestra natural, como se puede apreciar para la primera adición se obtuvo un mejor resultado sin embargo para las otras adiciones prácticamente se mantuvo el valor de CBR. Por último tenemos a (Robles Diaz, 2018) el cual aplicó NaCl y Cal de manera independiente, para lo cual procedemos a presentar los valores, iniciamos para el NaCl para lo cual se obtuvo los siguientes valores para el CBR, para la adición en 5% se halló 16.6% y 19.2% para el 95% y 100% de la MDS, para la adición en 12% se halló un 0% tanto para el 95% como para el 100% de la MDS, por último para la adición de 20% se halló un CBR igual a 0% tanto para el 95% como para el 100% de la MDS. Ahora presentamos los valores para la adición de Cal iniciamos para la

adición en 5% para el cual se obtuvo un CBR igual a 16.3% y 20.9% para el 95% y 100% de la MDS, para la adición en 12% se obtuvo un CBR igual a 20.3% y 22.9%, por último para la adición de 20% de Cal se obtuvo un CBR igual a 22.10% y 28.1% correspondientes al 95% y 100% de la MDS por otro lado nuestra investigación después de haber aplicado NaCl y Cal de manera combinada en porcentajes de 3%, 6% y 9% se obtuvo los siguientes valores, 5.4%, 4.9%, 14.2% y 14.4% correspondientes a la aplicación de 0%, 3%, 6% y 9% respectivamente, como se puede apreciar para la adición de 3% se observa una reducción en 0.50% con respecto a la muestra natural, para la adición de 6% se observó un incremento mucho mayor igual a 8.8% con respecto a la muestra natural y para la adición de 9% se verificó un incremento en 9% con respecto a la muestra natural. Por otro lado procedemos a corroborar o discrepar los resultados de los antecedentes mostrados con nuestra investigación es así que a partir de los resultados mostrados por (Mendez Cerna, 2021) podemos afirmar una discrepancia con dicha investigación ya que para dicha investigación se obtuvo valores bajos para el CBR sin embargo para nuestra investigación se halló resultados más satisfactorios, del mismo modo de acuerdo con (Moale Quispe & Rivera Justo, 2019) en función a sus resultados mostrados podemos aseverar una discrepancia con tal investigación ya que los resultados hallados por dichos autores no fueron satisfactorios llegándose a obtener incrementos bajos para las distintas adiciones aplicadas sin embargo para nuestra investigación los valores hallados para el CBR fueron más satisfactorios tal como se mostró en la parte arriba por tanto podemos afirmar la discrepancia con esta investigación para los valores de CBR. Por otro lado tenemos a (Quispe Huaman, Raul Jhosias Jhafeth y Rodriguez Huaman Luis, 2020) para el cual podemos afirmar una concordancia con la investigación de dicho autor ya que sus resultados obtenidos fueron muy similares al nuestro llegándose a obtener valores satisfactorios para las adiciones aplicadas por tanto corroboramos la concordancia con dicha investigación. Por otro lado después de haber presentado los resultados de (Robles Diaz, 2018) primeramente con respecto a la adición que aplicó con NaCl podemos afirmar una discrepancia total ya que dicho autor presentó para la adición de NaCl en 5%, 12% y 20% valores iguales a 0% a pesar que el CBR para el suelo

natural obtuvo valores iguales a 16.6% y 19.2% tanto para el 95% como para el 100% de la MDS. Así mismo (Robles Diaz, 2018) aplico Cal tal como se presento los valores en la parte de arriba por lo que podemos indicar una concordancia con dicho autor ya que se ha podido evidenciarse un incremento gradual para sus distintas adiciones.

## VI. CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo específico 01 Se verificó que la adición de NaCl y Cal al ser aplicados en los ensayos de límites de consistencia para la muestra en estudio se comprobó resultados positivos para los valores del IP, tal es así por ejemplo, para la muestra natural se halló un IP igual a 22.6%, para la adición de 3% de NaCl y Cal resultó un IP igual a 10.4% de igual modo para la adición de 6% de NaCl y Cal tuvo como resultado un IP igual a 7.3%, así mismo para la adición de 9% de NaCl y Cal resultó un IP igual a 6.7%, Por tanto concluimos que, con la adición de 6% de NaCl y Cal se obtienen reducciones óptimas para su aplicación.

Con respecto al objetivo específico 02 Se comprobó que, para la adición de NaCl y Cal en porcentajes de 3%, 6% y 9%, se determinó un incremento para la MDS tal es así que, para el suelo natural se obtuvo un valor de 1.848 gr/cm<sup>3</sup>, para la adición de 3% se verificó una reducción mínima, llegando a obtener un valor de 1.845 gr/cm<sup>3</sup>, así mismo para una adición de 6% resultó una MDS igual a 1.975 gr/cm<sup>3</sup> y para la adición de un 9% se obtuvo un resultado de 1.963 gr/cm<sup>3</sup> donde observamos una mejora considerable en función al suelo natural notando mejores resultados para una adición de 6% de NaCl y Cal, Se verificó también para la adición de NaCl y Cal en porcentajes 3%, 6%, 9% lográndose obtener un OCH para la muestra natural igual a 6.8%, así mismo se observó una reducción favorable con la incorporación de NaCl y Cal lográndose valores igual a 4.8%, 5.9% y 8.3% correspondientes para la adición de 3%, 6% y 9% respectivamente, tal como se puede observar los valores hallados presentan reducciones no muy notorias sin embargo en cierta medida llegan a reducirse, por tanto se concluye un mejor resultado para la adición de 6% siendo este el más óptimo tanto para la MDS y OCH.

Con respecto al objetivo específico 03 Se verificó que, para la adición de NaCl y Cal aumenta significativamente el valor del CBR de la siguiente manera, para el suelo natural resultó un CBR igual a 5.4% así mismo para la adición de 3% de NaCl y Cal resultó un CBR igual a 4.9%, luego para la

adición de 6% de NaCl y Cal resultó un CBR igual a 14.2% por último para la adición de 9% resultó un CBR igual a 14.4%. por tanto llegamos a la conclusión que se obtiene una mejora más óptima al aplicar en una proporción de 6%, si bien es cierto para la adición de 9% se obtiene un mayor valor para el CBR, este no muestra un mejoramiento tan significativo. Mas por el contrario económicamente no sería recomendable, por lo que corroboramos el porcentaje de 6% de adición como el más óptimo.

Con respecto al objetivo general. para el presente trabajo de investigación al adicionar NaCl y Cal de manera combinada en porcentajes de 3%, 6% y 9%, se logra verificar un mejoramiento de los distintos procedimientos realizados y de esta manera llegando a alcanzar los objetivos establecidos para esta investigación por lo antes mencionado se concluye que, para lograr resultados óptimos para la estabilización de sub rasante de la Av. industrial se estaría logrando con la aplicación de NaCl y Cal en 6%. Ya que para este porcentaje al aplicarlo en los distintos ensayos realizados nos arroja valores óptimos, aceptables y más convenientes.

Se ha podido reducir los valores de los IP para los distintos porcentajes adicionados, lográndose incluso cumplir con los parámetros que exige el manual de carreteras el cual nos indica que los suelos con un IP mayores a 20% son suelos altamente plásticos y al haber adicionado en porcentajes de 3%, 6% y 9% se lograron IP iguales a 10.4%, 7.3% y 6.7% respectivamente a pesar que el suelo natural indicaba un IP igual a 22.10%, por lo que concluimos indicando que, al haber aplicado NaCl y Cal de manera combinada se logró cumplir con el manual de carreteras consiguiéndose así los objetivos de la presente investigación.

Así mismo para el suelo natural se obtuvo un CBR de 5.4% siendo este de acuerdo al manual, un suelo del tipo insuficiente ya que tenía un valor mayor a 3% y menor al 6% de CBR, sin embargo al aplicar NaCl y Cal de manera combinada se logró incrementar el CBR hasta un 14.4% llegándose a clasificar como un suelo del tipo sub rasante buena ya que llegó a obtenerse



un CBR mayor igual a 10% y menor al 20% por lo que concluimos indicando que al aplicar NaCl y Cal se llega a cumplir con el manual de carreteras.

## VII. RECOMENDACIONES

- J Se recomienda la utilización de cloruro de Sodio y Cal en forma combinada y en porcentajes iguales para el lograr el mejoramiento a nivel de sub rasante de la avenida en estudio. Debido a que con la incorporación de NaCl y Cal se lograron evidenciar resultados positivos.
- J Así mismo Se recomienda para la ejecución del tramo investigado en este caso Av. Industrial– Andahuaylas, la utilización de NaCl y Cal en un porcentaje de 6%, siendo este la adición más conveniente ya que par tal porcentaje logra mejorar las distintas propiedades del suelo estudiado.
- J Se recomienda la aplicación de NaCl y Cal para diferentes tipos de Suelos para su posterior comprobación, debido a que al ser utilizados en esta investigación de manera conjunta y en porcentajes iguales y al ser aplicados a un suelo arcilloso en este caso a una arcilla de alta plasticidad (CH ), se pudieron evidenciar una influencia de manera positiva en las características físico – mecánicas de dicho suelo.

## REFERENCIAS

- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación serie integral por competencias*. Mexico: Grupo Editorial Patria, S.A. de C.V.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación*. COLOMBIA: PEARSON EDUCACION.
- Braja M. Das. (1983). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Mexico: CENGAGE Learning. Obtenido de [https://www.academia.edu/42603156/Braja\\_Das\\_Fundamentos\\_de\\_ingenieria\\_de\\_cimentaciones\\_7ed](https://www.academia.edu/42603156/Braja_Das_Fundamentos_de_ingenieria_de_cimentaciones_7ed)
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Mexico: Limusa, S.A. de C.V grupo noriega editores. Obtenido de [https://www.academia.edu/35912353/Crespo\\_Villalaz\\_MEC%C3%81NICA\\_DE\\_SUELOS\\_Y\\_CIMENTACIONES\\_PDF](https://www.academia.edu/35912353/Crespo_Villalaz_MEC%C3%81NICA_DE_SUELOS_Y_CIMENTACIONES_PDF)
- Dominguez Granda , J. (2015). *Manual de metodología de la Investigación Científica* . Chimbote-Peru: Universidad Católica los Angeles Chimbote.
- Encalada Oncihuay, J. R. (2020). Aplicación de cenizas volantes de carbón y cal para mejorar la estabilización de suelos arenosos en la ciudad pachacutec, ventanilla, callao. lima, peru.
- Fernandez Bedoya, V. H. (3 de junio de 2020). tipos de justificación en la investigación científica. *tipos de justificación en la investigación científica*.

Lima, Lima, Peru: file:///C:/Users/RUTH/Downloads/207-  
Texto%20del%20art%C3%ADculo-713-2-10-20200717%20(4).pdf.

Gongora Hernandez, O. H., Iriarte Hernandez, A. M., & Mendoza Ardila, J. J. (2017). Estabilizacion y mejoramiento de las caracteristicas fisicas y quimicas de los suelos a partir de mezclas con cal y escombros de material de canales de riego. Ibagu, Colombia.

Grupo pochteca. (s.f.). Cloruro de calcio, cloruro de sodio. Obtenido de <https://mexico.pochteca.net/productos/cloruro-de-calcio/>

HERNANDEZ SAMPIERI, R. (2014). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. MEXICO: McGraw Hill education.

Larrea Olivero, B. R., & Rivas Cajo, J. C. (19 de marzo de 2019). estabilizacion de suelos arcillosos con cloruro de sodio y cloruro de calcio. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12607>

Lerma Gonzales, H. D. (2009). *Metodologia de la investigacion*. Bogota.

Mendez Cerna, J. J. (2021). estabilizacion de suelo arcilloso para el mejoramiento de la subrasante adicionando cloruro de sodio, tramo primorpampa-cascapara, yungay, ascash 2021. Huaraz, Peru. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65010>

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). *manual de carreteras suelos, geologia, geotecnica y pavimentos*. Lima: MTC. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)

Moale Quispe, A. B., & Rivera Justo, E. J. (diciembre de 2019). Estabilizacion quimica desuelos arcillosos com cal para su uso como subrasante en vias terrestres de la localidad de villa rica. lima, peru.

Morales, E., & Pailacura, C. (1 de abril de 2019). estudio del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con cloruro de calcio. Chile, Chile. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/oyp/n26/0718-2813-oyp-26-0027.pdf>

MTC E 107. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: MTC. Obtenido 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 110. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*. Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones. Obtenido 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). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: MTC. Obtenido 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). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: MTC. Obtenido 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). *MANUAL DE ENSAYO DE LABORATORIO*. Lima: MTC. Obtenido 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)

Muñoz Rocha, C. (2015). *Metodología de la investigación*. MEXICO: OXFORD.

Obtenido de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/08/56-Metodologia-de-la-investigacion-Carlos-I.-Munoz-Rocha.pdf>

Ñaupas Paitan, H., Palacios Vilela, J. J., Valdivia Dueñas, M. R., & Romero Delgado, H. E. (2018). *metodologia de la inevestigacion cuantitativa-cualitativa y redaccion de la tesis*. Bogota: Ediciones de la u.

Principe Asencios, L. G. (2020). aplicacion de cloruro de calcio para estabilizacion de la subrasante de vias internas de la empresa agroindustrial paramonga-2020. Lima, Peru. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59720>

Quispe Huaman, R. J. (2020). Mejoramiento del suelo arenoso y limoso con Cloruro de Sodio y cal para sub rasante con pruebas de CBR- Cusco 2020. LIMA, Peru. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63843>

Robles Diaz, J. A. (30 de abril de 2018). Analisis y estabilizacion de arcilla negra con cloruro de sodio (NaCl), arena pomez, cal y cemento, para mejorar sus propiedades fisicas y mecanicas. Managua.

SINAC, M. d. (25 de octubre de 2021). *plataforma digital unica del estado peruano*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes->

publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-  
infraestructura-vial

Tique Zapata, J. C., Mora Ortiz, R. S., Diaz Alvarado, S. A., & Magaña Hernandez,  
F. (11 de marzo de 2019). Comparacion de rendimiento de dos agentes  
quimicos en la estabilizacion de un suelo arcilloso. Tabasco, Mexico.

Obtenido de

<https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/183/597>

Vara Horna, A. A. (2010). *7 PASOS PARA UNA TESIS EXITOSA*. LIMA-PERU:  
USMP.

## ANEXOS

### Anexo 01: Matriz de consistencia.

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>			
<b>TITULO:</b>		"Aplicación De Cloruro De calcio y Sodio En La Estabilización De Sub Rasante Av. Industrial - Andahuaylas, 2022."	
<b>PROLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>
<b>PROLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>V. INDEPENDIENTE</b>
¿Cómo influye la aplicación del cloruro de sodio y cal en la estabilización de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022?	Determinar la influencia de la aplicación de cloruro de sodio y Cal en la estabilización de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022.	La aplicación de cloruro de sodio y cal influyen positivamente en la estabilización de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022	cloruro de sodio(NaCl) y Cal
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>	<b>V. DEPENDIENTE</b>
¿Cómo influye la aplicación del cloruro de sodio y cal en la plasticidad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022 ?	Analizar la influencia de la aplicación de cloruro sodio y cal en la plasticidad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022	La aplicación de cloruro de sodio y cal reduce la plasticidad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022	
¿Cómo influye la aplicación del cloruro de sodio y Cal en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022 ?	Analizar la influencia de la aplicación de cloruro sodio y cal en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022	La aplicación de cloruro de sodio y cal incrementa la máxima densidad seca y reduce el óptimo contenido de humedad de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022	Estabilización de subrasante
¿Cómo influye la aplicación del cloruro de sodio y Cal en la capacidad de soporte de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022?	Analizar la influencia de la aplicación de cloruro de sodio y cal en la capacidad de soporte de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022	La aplicación de cloruro de sodio y cal incrementa la capacidad de soporte de sub rasante Av. Industrial – Andahuaylas, 2022	

Fuente: Elaboración Propia



## Anexo 02: Matriz de Operacionalización de variable

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
TITULO: "Aplicación De Cloruro De calcio y Sodio En La Estabilización De Sub Rasante Av. Industrial - Andahuaylas, 2022."						
V. independiente	Definicion Conceptual	Definicion Operacional	Dimensiones	Indicador	Instrumento	Escala de Medicion
cloruro de sodio(NaCl) y Cal	Cloruro de Sodio: según el <b>MTC MANUAL DE CARRETERAS</b> : El NaCl comúnmente se presenta en forma de cristales, tienden a utilizarse en áreas muy secas, controla el polvo, es un estabilizante natural por excelencia	las dos variables independientes que vienen a ser el NaCl y Cal como elementos estabilizadores tienen una dimensión, así mismo tienen tres indicadores y un instrumento en la que serán medidos	PROPORCIONES	Muestra natural + 3% de NaCl y Cal	Balanza de medicion	Razon
				Muestra natural + 6% de NaCl y Cal		
				Muestra natural + 9% de NaCl y Cal		
V. dependiente	Definicion Conceptual	Definicion Operacional	Dimensiones	Indicador	Instrumento	Escala de Medicion
Estabilización de subrasante	según el manual el <b>MTC MANUAL DE CARRETERAS</b> : el cual indica que viene a ser a que procedimiento físico mecánico que busca el mejoramiento en sus características, con el propósito de poder ser empleado en una determinada vía a nivel de sub rasante.	la variable dependiente tiene 2 dimensiones y 6 indicadores el cual tiene 4 instrumentos con el cual serán medidos	Propiedades físicas de la sub rasante	LL	Ensayos de Limites de Consistencia	Razon
				LP		
				IP		
				Clasificación de Suelos	Ensayo de Granulometria	Razon
				Propiedades Mecánicas de la sub rasante	Ensayo Proctor Modificado	Razon
OCH y MDS						
Capacidad de soporte	Ensayo CBR	Razon				

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 03: Resultados de Ensayos de Laboratorio



**INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.**

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL PROPIO



Alex Palomino Oscco  
CIP N° 252770  
INGENIERO CIVIL



Freddy Palomino Oscco  
ING. GEOLOGO  
CIP/ 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y FUNDACIONES



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : Propio

M-01

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

N° CALICATA : C\_01

COORDENADAS :

PROFUNDIDAD : 1.50 m

FECHA RECEPCION : 2022-03-10

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 2022-03-10

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITA : BACH.VERA VELASQUEZ BORIS

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107-2000

TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	mm	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		MIN. (%)	MAX. (%)	
3"	76.20							PESO INICIAL : 534 g
2 1/2"	63.50							PORCION FINOS : 7.7
2"	50.80							% DE HUMEDAD : 7.7
1 1/2"	38.10							TAMAÑO MÁXIMO :
1"	25.40							% DE GRAVA :
3/4"	19.05							% DE ARENA :
1/2"	12.70							% PASANTE N° 200 : 78.8
3/8"	9.53							L.L. : 50.1 %
3/4"	8.35							L.P. : 27.5 %
N° 4	4.75							L.P. : 22.6 %
N° 8	2.36							M.F. :
N° 10	2.00	12.0	2.2	2.2	97.8			CLASIFIC. SUCS : CH
N° 16	1.18							CLASIF. AASHTO : A-7-6 (15)
N° 20	0.85							D <sub>10</sub> : C <sub>u</sub>
N° 30	0.60							D <sub>30</sub> : C <sub>c</sub>
N° 40	0.42	90.0	11.2	13.6	98.6			D <sub>60</sub> :
N° 50	0.30							OBSERVACIONES:
N° 60	0.25							
N° 80	0.18							
N° 100	0.15	36.0	6.7	20.2	79.8			
N° 140	0.11							
N° 200	0.074	5.0	0.9	21.2	78.8			
BALANZA		421.0	78.8	100.0				





# INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL Propio

M-01

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

N° CALICATA : C\_01

COORDENADAS :

PROFUNDIDAD : 1.50 m

FECHA RECEPCION : 2022-03-10

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 2022-03-10

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITA : BACH. VERA VELASQUEZ BORIS

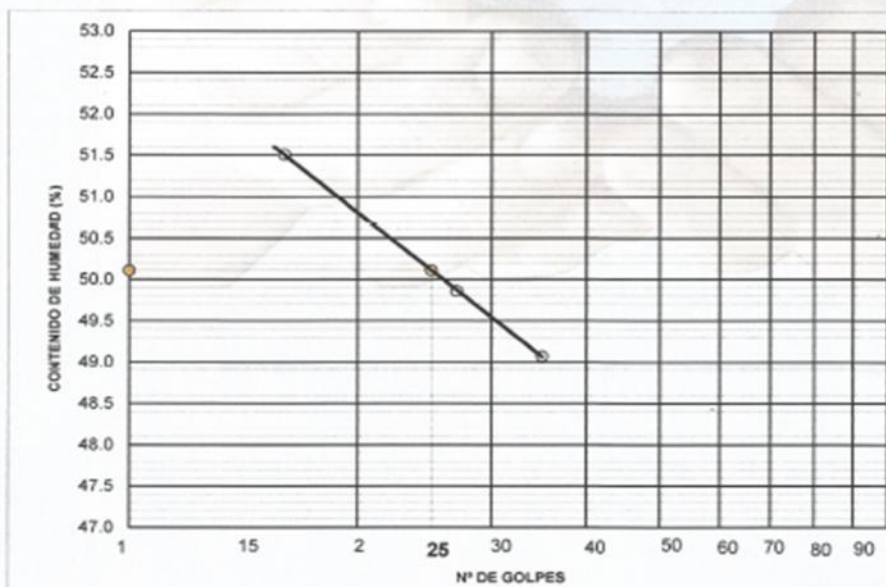
### LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40

#### LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110-2000

NUMERO DE GOLPES, N	16	27	35		
N° DEL DEPOSITO	1	2	3		
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	40.39	43.50	43.02		
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	34.21	38.08	37.09		
PESO DEL AGUA (g)	6.15	5.42	5.03		
PESO DEL DEPOSITO (g)	22.30	27.21	27.74		
PESO DEL SUELO SECO (g)	11.94	10.87	10.25		
CONTENIDO DE AGUA (w%)	51.51	49.86	49.07		

#### LIMITE PLASTICO (LP) MTC E 111-2000

N° DEL DEPOSITO	1	2			
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	32.28	29.95			
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	30.91	28.78			
PESO DEL AGUA (g)	1.37	1.17			
PESO DEL DEPOSITO (g)	25.97	24.50			
PESO DEL SUELO SECO (g)	4.04	4.28			
CONTENIDO DE AGUA (W%)	1.37	1.17			
% DE HUMEDAD	27.73	27.34			



LL = 50.1 %

LP = 27.5 %

I.P. = 22.6 %

OBSERVACIONES:



Alex Palomino Oscco  
CIF N° 252770  
INGENIERO CIVIL



Fredy Polojnino Oscco  
ING. GEOLOGO  
GE. 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y FUNDAMENTOS



**INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.**

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO**

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE AV.  
INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : Propio

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

Jº CALICATA : C\_01

COORDENADAS : 0

PROFUNDIDAD : 1.50 m

FECHA RECEPCION : 2022-03-10

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 2022-03-10

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITA : BACH. VERA VELASQUEZ BORIS

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL  
MTC E 108-2000**

Nº RECIPIENTE		1	2		
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	(g)	518.00	518.00		
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE	(g)	488.00	488.00		
PESO DEL AGUA	(g)	30.00	30.00		
PESO DEL RECIPIENTE	(g)	100.0	100.0		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	388.00	388.00		
HUMEDAD	(%)	7.73	7.73		
PROMEDIO	(%)			7.7	

OBSERVACIONES :



Alex Palomino Oscco  
CIP. N° 252770  
INGENIERO CIVIL



Fredy Palomino Oscco  
ING. GEÓLOGO  
CIP. 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS



**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO**

TESIS : **APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022**

MATERIAL : **Propio**

UBICACIÓN : **AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS**

N° CALICATA : **C\_01**

COORDENADAS : **0**

PROFUNDIDAD : **1.50 m**

FECHA RECEPCION : **2022-03-10**

ING. RESPONSABLE : **A.P.O.**

FECHA DE ENSAYO : **2022-03-10**

ENTIDAD : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

SOLICITA : **BACH.VERA VELASQUEZ BORIS**

**ENSAYO DE COMPACTACION  
MTC E 115-2000**

METODO DE COMPACTACION :	VOLUMEN DEL MOLDE :	2323 cm <sup>3</sup>				MOLDE N° :	3
<b>COMPACTACION</b>							
N° ENSAYO		1	2	3	4		
PESO MOLDE + SUELO	(g)	10567.0	10952.0	11207.0	11002.0		
PESO MOLDE	(g)	6621	6621	6621	6621		
PESO SUELO COMPACTADO	(g)	3946	4331	4586	4381		
DENSIDAD HUMEDA	(g/cm <sup>3</sup> )	1.899	1.864	1.974	1.886		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
RECIPIENTE N°		0	0	0	0		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	(g)	637.0	633.0	640.0	645.0		
PESO SUELO SECO + TARA	(g)	619.0	604.0	599.0	593.0		
PESO DEL AGUA	(g)	18.0	29.0	41.0	52.0		
PESO DEL RECIPIENTE	(g)	0.0	0.0	0.0	0.0		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	619.0	604.0	599.0	593.0		
CONTENIDO HUMEDAD	(%)	2.9	4.8	6.8	8.8		
DENSIDAD SECA	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.851	1.779	1.848	1.734		

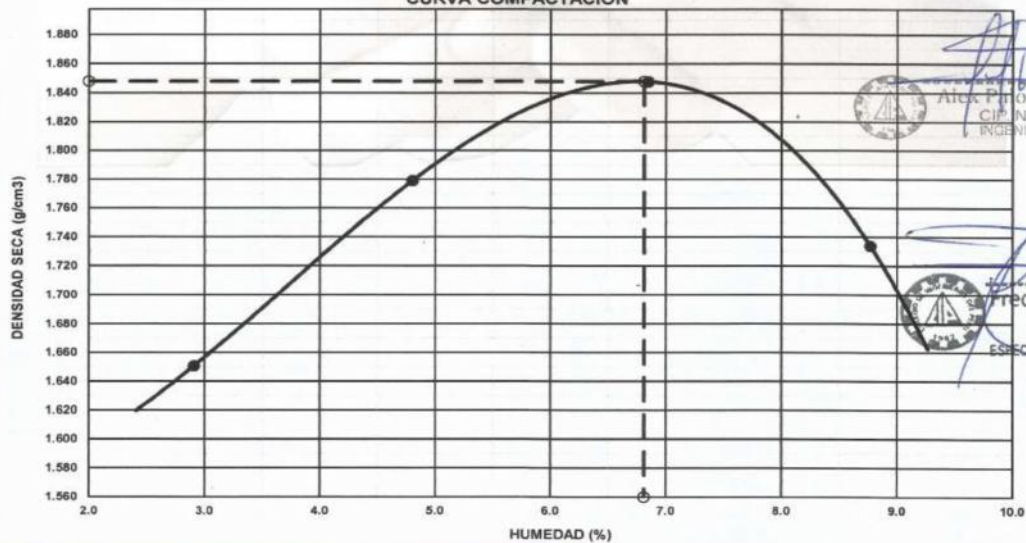
MAXIMA DENSIDAD SECA

**1.848** gr/cm<sup>3</sup>

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

**6.8 %**

**CURVA COMPACTACION**



Alex Polomino Oscco  
CIP. N° 252770  
INGENIERO CIVIL



Freddy Polomino Oscco  
ING. GEOLOGO  
CIP. 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS



# INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : Propio  
 UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS  
 COORDENADAS : 0  
 FECHA RECEPCION : 10 03 2022  
 FECHA DE ENSAYO : 10 03 2022

PROFUNDIDAD : 1.50 m  
 ING.RESPONSABLE : A.P.O.  
 ENTIDAD : UNIVER: Anillo - C

C.B.R DE SUELOS (LABORATORIO) MTC E 132-2000							
Molde N°	1		2		3		
N° Capa	5		5		5		
Golpes por capa N°	56		25		12		
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	
<b>Compactación</b>							
Peso molde + suelo húmedo (g)	11207	11207.0	10871	10871.0	10418	10469	
Peso de molde (g)	6621	6621	6567	6567	6730	6730	
Peso del suelo húmedo (g)	4586	4586	4304	4304	3688	3739	
Volumen del molde (cm³)	2323	2323	2334	2334	2328	2328	
Densidad húmeda (g/cm³)	1.974	1.974	1.844	1.844	1.584	1.606	
<b>Contenido de Humedad (%)</b>							
Recipiente N°							
Tara + Suelo húmedo (g)	640.00	447.60	710.00	391.00	710.00	350.4	
Tara + Suelo seco (g)	599.00	422.60	657.00	368.90	657.00	321.7	
Peso del Agua (g)	41.00	25.00	53.00	22.10	53.00	28.70	
Tara (g)	Peso recipiente = 0.00 g Programado en balanza digital						
Peso del suelo seco (g)	599.00	422.60	657.00	368.90	657.00	321.70	
Humedad (%)	6.84	5.92	8.07	5.99	8.07	8.92	
Densidad seca (g/cm³)	1.848	1.864	1.706	1.740	1.466	1.474	

SIN EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10 03 2022	09:00	0	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
11 03 2022	09:00	24	5.00	0.05	0.039	7.00	0.07	0.055	10.00	0.10	0.079
12 03 2022	09:00	48	7.00	0.07	0.055	9.00	0.09	0.071	12.00	0.12	0.094
13 03 2022	09:00	72	9.00	0.09	0.071	11.00	0.11	0.087	14.00	0.14	0.110

PENETRACION													
PENETRACION (mm.)	CARGA STAND. Kg/cm²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div.)	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Dial (div.)	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Dial (div.)	Kg/cm²	Kg/cm²	%
0.00		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.64		6	1.5			4	1.0			3	0.8		
1.27		16	4.0			7	1.8			6	1.5		
1.91		23	5.8			9	2.3			8	1.9		
2.54	70.31	29	7.3	9.98		10	2.6	3.75		8	2.0	2.96	
3.81		36	9.0			13	3.1			9	2.3		
5.08	105.46	42	10.6	10.07		14	3.5	3.29		10	2.5	2.42	
6.35		50	12.6			15	3.8			11	2.8		
7.62		61	15.3			18	4.5			14	3.5		
8.89		79	19.9			22	5.5			18	4.5		
10.16													
11.43													
12.70													

Alex Palomino Oscco  
 CIP. N° 252770  
 INGENIERO CIVIL

Fredy Polomino Oscco  
 ING. GEÓLOGO  
 CIP. 104886  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS



# INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS: APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : Propio

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

COORDENADAS : 0

FECHA RECEPCION : 10 03 2022

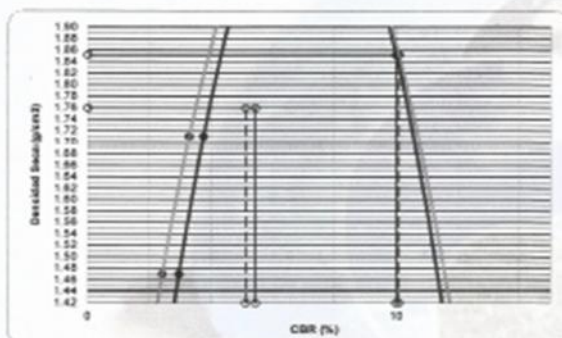
FECHA DE ENSAYO : 10 03 2022

PROFUNDIDAD : 1.50 m

ING.RESPONSABLE : A.P.O.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

### ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACION MTC E 132-2000

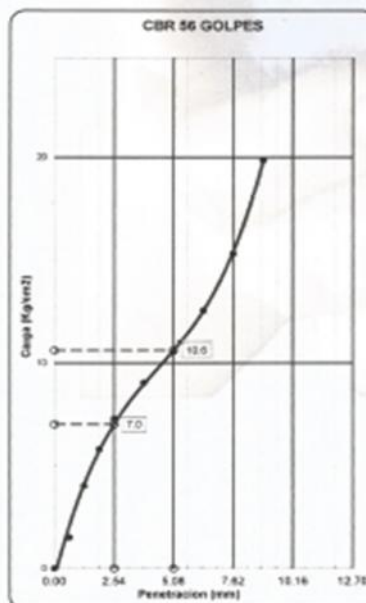


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.1"	10.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.1"	5.4

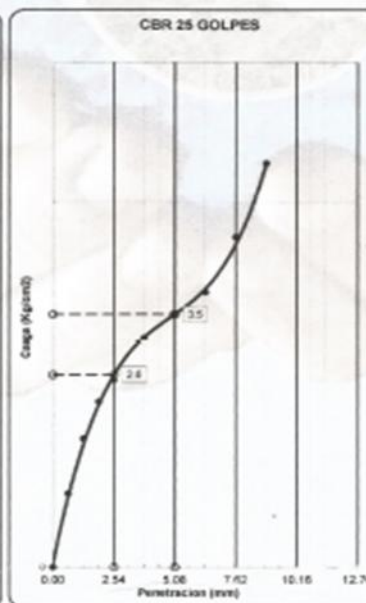
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.2"	10.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.2"	5.1

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.848 g/cm³
Humedad Opt	6.8 %

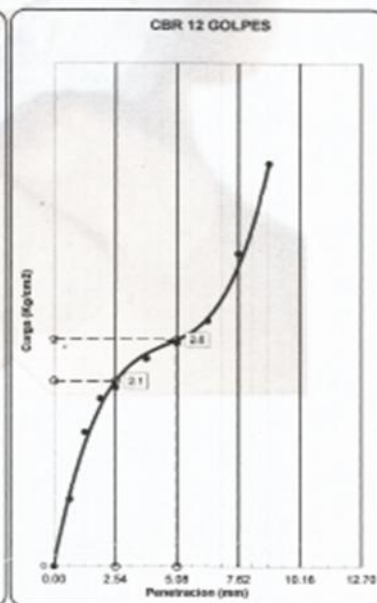
Observaciones: \_\_\_\_\_



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 10.0  
 C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 10.1



C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 3.8  
 C.B.R. (0.2")-25 GOLPES : 3.3



C.B.R. (0.1")-12 GOLPES : 3.0  
 C.B.R. (0.2")-12 GOLPES : 2.4



Alex Palomino Oscco  
 CIP. N° 252770  
 INGENIERO CIVIL



Fredy Polomino Oscco  
 ING. GEÓLOGO  
 CIP. 104884  
 ESPECIALISTA SUELOS Y FUNDACIONES





# INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



## REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO : **APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS. 2022**

SOLICITA : **BACH. VERA VELASQUEZ BORIS**

MUESTRA : **CALICATA DE PLATAFORMA**

ENTIDAD : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

SECCIÓN : **8**

CALICATA : C\_08  
REALIZADO : ALEX PALOMINO D  
REVISADO : A.P.D.  
FECHA DE EXCAVACIÓN : 2023-05-30  
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50 m  
PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : NO REGISTRA

PROF. (m)	MUESTRA	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Clasificación técnica; grado de compactación / consistencia; plasticidad/compresibilidad; contenido de humedad y color, otros; forma de material granular; presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bloques / cantos.	CLASIFICACIÓN		VISTA FOTOGRAFICA
				SUCS	AASHTO	
0.10 0.20 0.30	M-01		HORIZONTE O es el horizonte más superficial, y está mayormente compuesto por materia orgánica (plantas, líquenes) y materia orgánica en descomposición (hojas caídas, ramas...)			
0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50	M-01		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	A-7-6 (15)	



Alex Palomino Oscco  
CIP N° 252770  
INGENIERO CIVIL



Fredy Polomino Oscco  
ING. GEOLÓGICO  
CIP. 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS



**INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.**

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



**APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022**

**CLORURO DE SODIO + CAL EN 3%.**



Alex Polomino Oscco  
CIP N° 252770  
INGENIERO CIVIL



Freddy Polomino Oscco  
ING. GEÓLOGO  
CIP. 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y PRUMENTOS



# INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL CLORURO DE SODIO + CAL EN 3%.

M-01

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

N° CALICATA : C\_01

COORDENADAS :

PROFUNDIDAD : 1.50 m

FECHA RECEPCION : 2022-03-11

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 2022-03-11

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITA : BACH. VERA VELASQUEZ BORIS

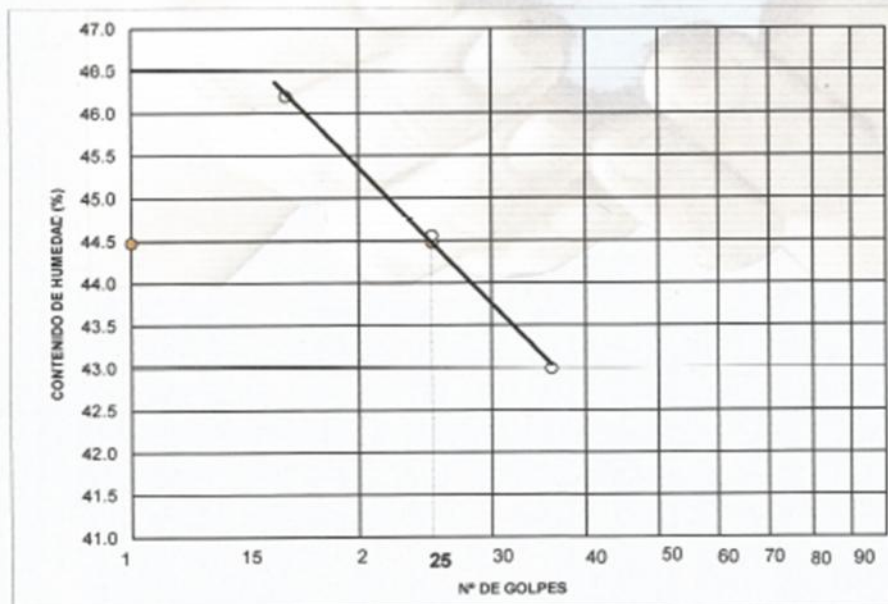
### LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MAILA N° 40

#### LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110-2000

NUMERO DE GOLPES, N	16	25	36
N° DEL DEPOSITO	1	2	3
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	42.66	43.18	43.27
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	38.40	38.18	38.24
PESO DEL AGUA (g)	4.26	5.00	5.03
PESO DEL DEPOSITO (g)	29.18	26.96	26.54
PESO DEL SUELO SECO (g)	9.22	11.22	11.70
CONTENIDO DE AGUA (w%)	46.20	44.56	42.99

#### LIMITE PLASTICO (LP) MTG E 111 2000

N° DEL DEPOSITO	1	2
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	30.11	32.23
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	28.57	30.90
PESO DEL AGUA (g)	1.54	1.33
PESO DEL DEPOSITO (g)	24.04	27.02
PESO DEL SUELO SECO (g)	4.53	3.88
CONTENIDO DE AGUA (W%)	1.54	1.33
% DE HUMEDAD	34.00	34.28



LL = 44.5 %

LP = 34.1 %

I.P. = 10.3 %

OBSERVACIONES:



Alex Ilalimino Oscco  
CIP. N° 252770  
INGENIERO CIVIL



Fredy Polgimiro Oscco  
ING. GEOLOGO  
CIP. 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : CLORURO DE SODIO + CAL EN 3%.

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

N° CALICATA : C\_01

COORDENADAS : 0

PROFUNDIDAD : 1.50 m

FECHA RECEPCION : 2022-03-11

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 2022-03-11

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITA : BACH.VERA VELASQUEZ BORIS

### ENSAYO DE COMPACTACION MTC E 115-2000

METODO DE COMPACTACION :	VOLUMEN DEL MOLDE :	2151 cm <sup>3</sup>	MOLDE N° :	3
<b>COMPACTACION</b>				
N° ENSAYO	1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO (g)	11557.0	11963.0	12197.0	11992.0
PESO MOLDE (g)	8036	8036	8036	8036
PESO SUELO COMPACTADO (g)	3521	3927	4161	3956
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.837	1.826	1.934	1.809
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
RECIPIENTE N°	0	0	0	0
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	560.0	556.0	563.0	568.0
PESO SUELO SECO + TARA (g)	555.0	541.0	537.0	532.0
PESO DEL AGUA (g)	5.0	15.0	26.0	36.0
PESO DEL RECIPIENTE (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO DEL SUELO SECO (g)	555.0	541.0	537.0	532.0
CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.9	2.8	4.8	6.8
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.822	1.776	1.845	1.723

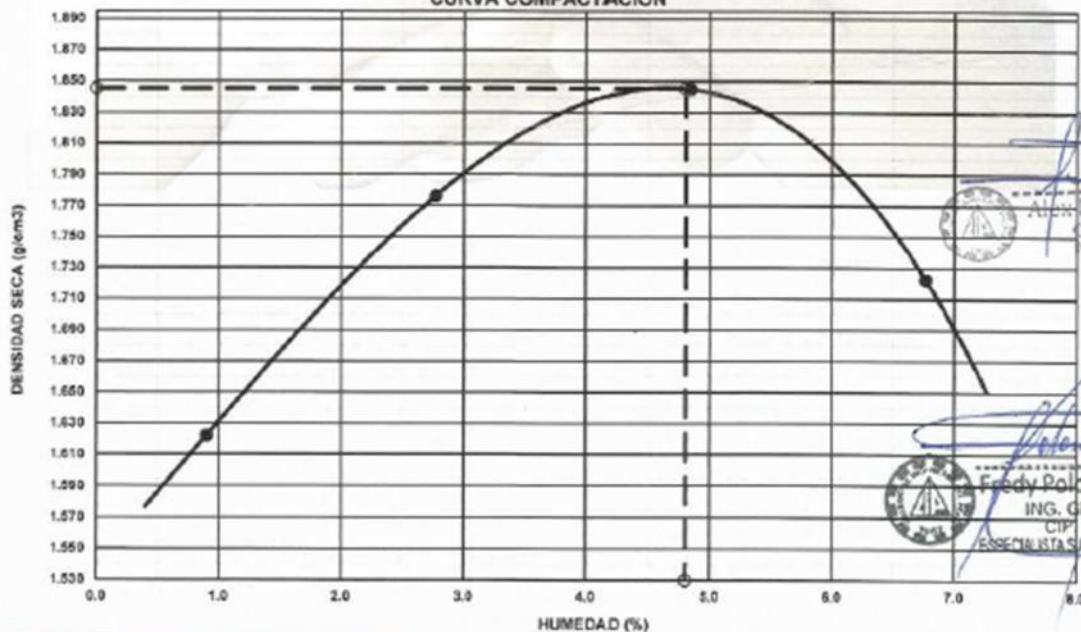
MAXIMA DENSIDAD SECA

**1.845** gr/cm<sup>3</sup>

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

**4.8 %**

### CURVA COMPACTACION



Alex Palomino Oscco  
CIP. N° 262770  
INGENIERO CIVIL



Freddy Palomino Oscco  
ING. GEOLOGO  
CIP. 104684  
ESPECIALISTA SUELOS Y FUNDAMENTOS



# INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : CLORURO DE SODIO + CAL EN 3%.  
 UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS  
 COORDENADAS : 0  
 FECHA RECEPCIÓN : 11 03 2022  
 FECHA DE ENSAYO : 11 03 2022

PROFUNDIDAD : 1.50 m  
 ING.RESPONSABLE : A.P.O.  
 ENTIDAD : UNIVER: Anillo : C

### C.B.R DE SUELOS (LABORATORIO) MTC E 132-2000

Molde N°	1	2	3
N° Capa	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
	SATURADO	SATURADO	SATURADO
<b>Compactación</b>			
Peso molde + suelo húmedo (g)	12197	12256.0	10899
Peso de molde (g)	8036	8036	6567
Peso del suelo húmedo (g)	4161	4220	4332
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2151	2151	2334
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.934	1.962	1.856
			1.893
			1.828
			1.727
<b>Contenido de Humedad (%)</b>			
Recipiente N°			
Tara + Suelo húmedo (g)	563.00	447.60	563.00
Tara + Suelo seco (g)	537.00	422.60	537.00
Peso del Agua (g)	26.00	25.00	26.00
Tara (g)			
Peso del suelo seco (g)	537.00	422.60	537.00
Humedad (%)	4.84	5.92	4.84
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.845	1.852	1.770
			1.786
			1.553
			1.586

### SIN EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
11 03 2022	09:00	0	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
12 03 2022	09:00	24	5.00	0.05	0.039	7.00	0.07	0.055	10.00	0.10	0.079
13 03 2022	09:00	48	7.00	0.07	0.055	9.00	0.09	0.071	12.00	0.12	0.094
14 03 2022	09:00	72	9.00	0.09	0.071	11.00	0.11	0.087	14.00	0.14	0.110

### PENETRACION

PENETRACION (mm.)	CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div.)	Kg./cm <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	%	Dial (div.)	Kg./cm <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	%	Dial (div.)	Kg./cm <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	%
0.00		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.64		11	2.8			3	0.8			3	0.8		
1.27		22	5.5			7	1.8			6	1.5		
1.91		34	8.5			10	2.5			8	2.0		
2.54	70.31	45	11.3	15.41		12	3.0	4.99		10	2.5	3.51	
3.81		60	15.1			20	5.0			14	3.5		
5.08	105.46	77	19.3	18.47		33	8.3	7.54		20	5.0	4.94	
6.35		96	24.1			43	10.8			30	7.5		
7.62		118	29.7			58	14.6			43	10.8		
8.89		145	36.4			82	20.6			60	15.1		
10.16													
11.43													
12.70													



Alex Polomino Oscco  
 CIP N° 252770  
 INGENIERO CIVIL



Freddy Polomino Oscco  
 ING./GEÓLOGO  
 CIP 104684  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS



# INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : CLORURO DE SODIO + CAL EN 3%.

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

COORDENADAS : 0

PROFUNDIDAD : 1.50 m

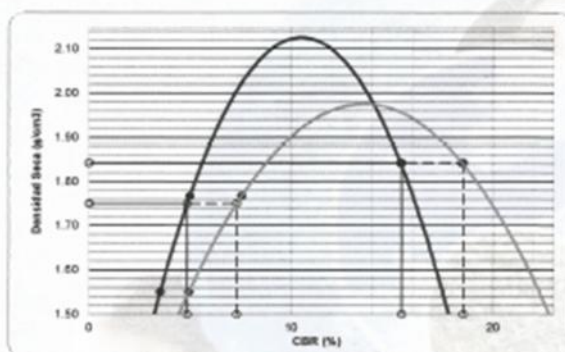
FECHA RECEPCION : 11 03 2022

ING.RESPONSABLE : A.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 11 03 2022

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

### ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACION MTC E 132-2000

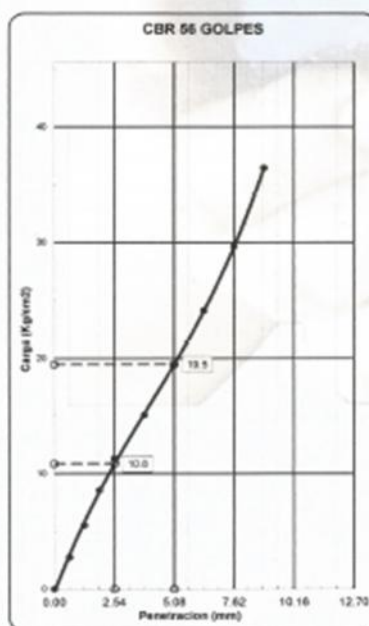


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.1"	15.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.1"	4.9

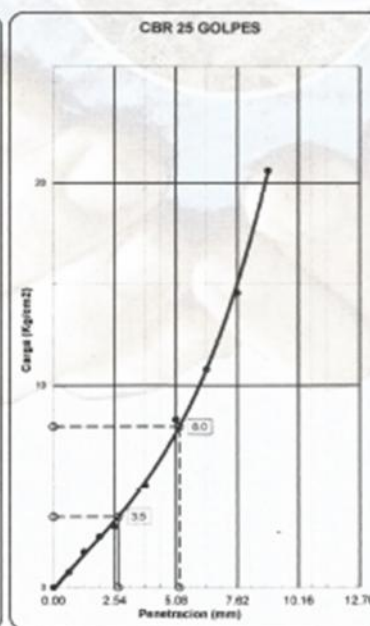
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.2"	18.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.2"	7.3

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.845 g/cm³
Humedad Opt.	4.8 %

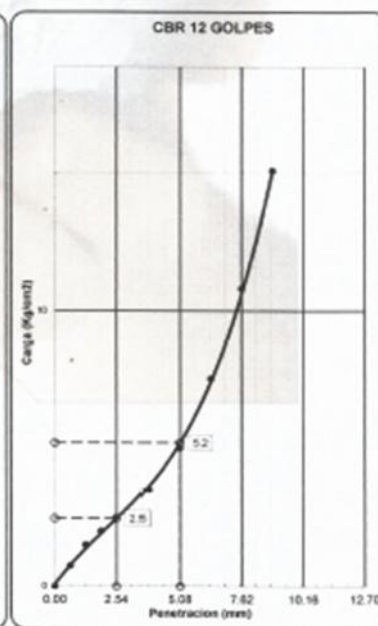
Observaciones:



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 15.4  
 C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 10.0



C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 5.0  
 C.B.R. (0.2")-25 GOLPES : 3.5



C.B.R. (0.1")-12 GOLPES : 3.5  
 C.B.R. (0.2")-12 GOLPES : 2.5



Alex Polomino Oscco  
 CIP. N° 252770  
 INGENIERO CIVIL



Fredy Polomino Oscco  
 ING. GEÓLOGO  
 CIP. 104884  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



**INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.**

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



**APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022**

**CLORURO DE SODIO + CAL EN 6%.**



*[Signature]*  
Aldo Polomino Oscco  
CIP. N° 252770  
INGENIERO CIVIL



*[Signature]*  
Fredy Polomino Oscco  
ING. GEOLOGO  
CIP. 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL CLORURO DE SODIO + CAL EN 6%.

M-01

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

N° CALICATA : C\_01

COORDENADAS :

PROFUNDIDAD : 1.50 m

FECHA RECEPCION : 2022-03-10

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 2022-03-10

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITA : BAQUERA VELASQUEZ BORIS

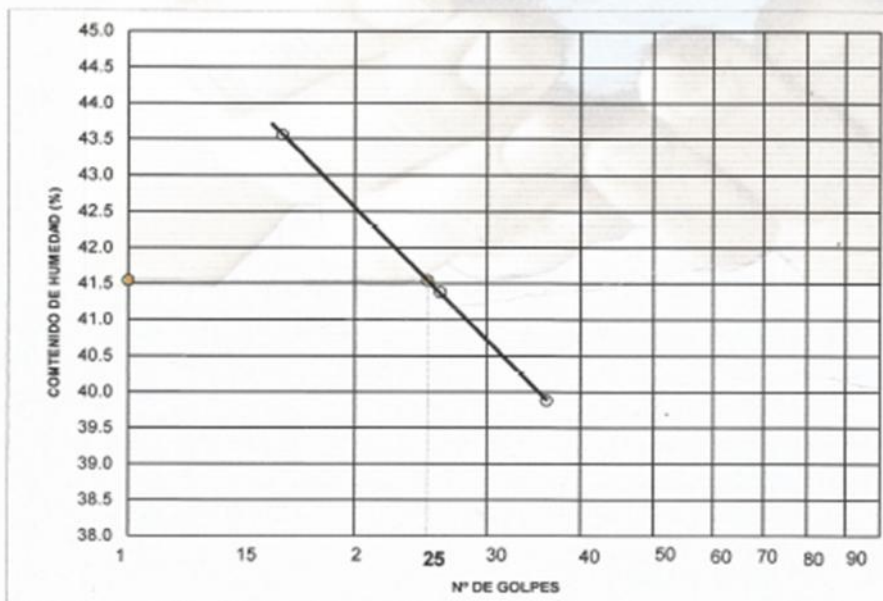
### LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40

#### LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110-2000

NUMERO DE GOLPES, N	16	26	36
N° DEL DEPOSITO	1	2	3
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	43.94	40.19	43.43
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	30.07	35.09	30.50
PESO DEL AGUA (g)	4.87	4.30	4.85
PESO DEL DEPOSITO (g)	27.89	25.50	26.42
PESO DEL SUELO SECO (g)	11.18	10.39	12.16
CONTENIDO DE AGUA (w%)	43.56	41.39	39.88

#### LIMITE PLASTICO (LP) MTC E 111-2000

N° DEL DEPOSITO	1	2
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	35.11	31.52
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	33.25	29.75
PESO DEL AGUA (g)	1.86	1.77
PESO DEL DEPOSITO (g)	27.81	24.60
PESO DEL SUELO SECO (g)	5.44	5.15
CONTENIDO DE AGUA (W%)	1.86	1.77
% DE HUMEDAD	34.19	34.37



LL = 41.5 %

LP = 34.3 %

LP = 7.3 %

OBSERVACIONES:

  
 Alex Palomino Oscco  
 CIP. N° 252770  
 INGENIERO CIVIL

  
 Fredy Polomino Oscco  
 ING. GEÓLOGO  
 CIP. 104884  
 ESPECIALISTA SUELOS Y FUNDAMENTOS





**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO**

TESIS : **APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022**

MATERIAL : **CLORURO DE SODIO + CAL EN 6%.**

UBICACIÓN : **AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS**

N° CALICATA : **C\_01**

COORDENADAS : **0**

PROFUNDIDAD : **1.50 m**

FECHA RECEPCION : **2022-03-10**

ING. RESPONSABLE : **A.P.O.**

FECHA DE ENSAYO : **2022-03-10**

ENTIDAD : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

SOLICITA : **BACH. VERA VELASQUEZ BORIS**

**ENSAYO DE COMPACTACION  
MTC E 115-2000**

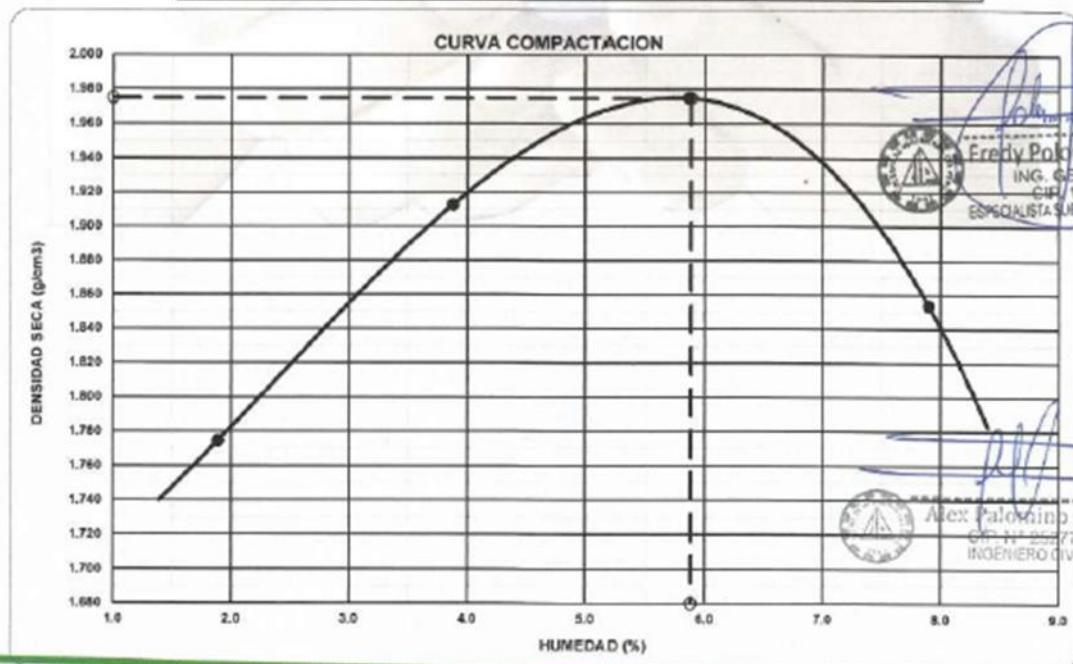
METODO DE COMPACTACION :	VOLUMEN DEL MOLDE :	2264 cm <sup>3</sup>	MOLDE N° :	3
<b>COMPACTACION</b>				
N° ENSAYO	1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO (g)	10651.0	11058.0	11291.0	11088.0
PESO MOLDE (g)	6557	6557	6557	6557
PESO SUELO COMPACTADO (g)	4094	4499	4734	4529
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.808	1.987	2.091	2.000
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
RECIPIENTE N°	0	0	0	0
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	593.0	589.0	596.0	601.0
PESO SUELO SECO + TARA (g)	582.0	567.0	583.0	557.0
PESO DEL AGUA (g)	11.0	22.0	33.0	44.0
PESO DEL RECIPIENTE (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO DEL SUELO SECO (g)	582.0	567.0	583.0	557.0
CONTENIDO HUMEDAD (%)	1.9	3.9	5.9	7.9
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.775	1.913	1.975	1.854

MAXIMA DENSIDAD SECA

**1.975** gr/cm<sup>3</sup>

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

**5.9 %**





# INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : CLORURO DE SODIO + CAL EN 6%.  
 UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS  
 COORDENADAS : 0  
 FECHA RECEPCION : 10 03 2022  
 FECHA DE ENSAYO : 10 03 2022

PROFUNDIDAD : 1.60 m  
 ING.RESPONSABLE : A.P.O.  
 ENTIDAD : UNIVER: Anillo : C

### C.B.R DE SUELOS (LABORATORIO) MTC E 132-2000

Molde N°	1	2	3
N° Capa	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
<b>Compactación</b>			
Peso molde + suelo húmedo (g)	11291	11326.0	11152
Peso de molde (g)	6567	6567	6567
Peso del suelo húmedo (g)	4724	4759	4585
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2264	2264	2334
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.086	2.102	1.984
<b>Contenido de Humedad (%)</b>			
Recipiente N°			
Tara + Suelo húmedo (g)	596.00	447.60	596.00
Tara + Suelo seco (g)	563.00	422.60	563.00
Peso del Agua (g)	33.00	25.00	33.00
l á/s			
Peso del suelo seco (g)	563.00	422.60	563.00
Humedad (%)	5.86	5.92	5.86
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.971	1.984	1.856

### SIN EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10 03 2022	09:00	0	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
11 03 2022	09:00	24	5.00	0.05	0.039	7.00	0.07	0.055	10.00	0.10	0.079
12 03 2022	09:00	48	7.00	0.07	0.055	9.00	0.09	0.071	12.00	0.12	0.094
13 03 2022	09:00	72	9.00	0.09	0.071	11.00	0.11	0.087	14.00	0.14	0.110

### PENETRACION

PENETRACION (mm.)	CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3							
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION					
		Dial (div.)	Kg./cm <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	%	Dial (div.)	Kg./cm <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	%	Dial (div.)	Kg./cm <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	%
0.00		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.64		5	1.3			7	1.8			3	0.8		
1.27		16	4.0			15	3.8			5	1.3		
1.91		31	7.8			23	5.8			10	2.5		
2.54	70.31	47	11.8	21.69		30	7.5	13.35		13	3.3	7.14	
3.81		79	19.9			49	12.3			24	6.0		
5.08	105.46	107	26.9	30.51		70	17.6	19.79		39	9.8	10.95	
6.35		148	37.2			99	24.9			52	13.1		
7.62		172	43.2			130	32.7			66	16.6		
8.89		198	49.8			152	38.2			82	20.8		
10.16													
11.43													
12.70													



Alex Palomino Oscco  
 CIP. N° 252770  
 INGENIERO CIVIL



Freddy Polomino Oscco  
 ING. GEÓLOGO  
 CIP. 104894  
 ESPECIALISTA SUELOS Y FUNDAMENTOS



# INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : CLORURO DE SODIO + CAL EN 6%.

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

COORDENADAS : 0

FECHA RECEPCION : 10 03 2022

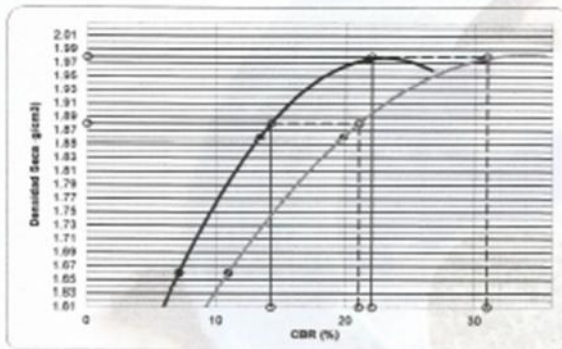
FECHA DE ENSAYO : 10 03 2022

PROFUNDIDAD : 1.50 m

ING.RESPONSABLE : A.P.O.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

### ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACION MTC E 132-2000

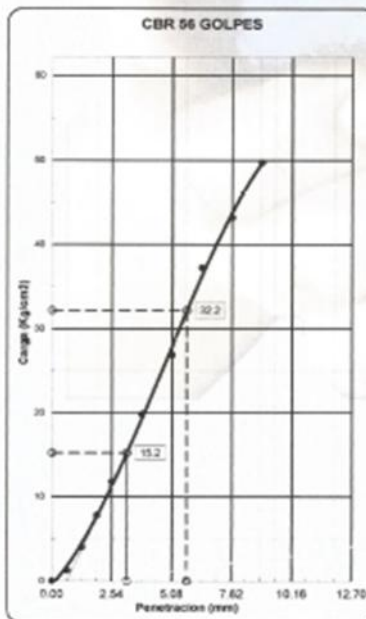


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.1"	22.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.1"	14.2

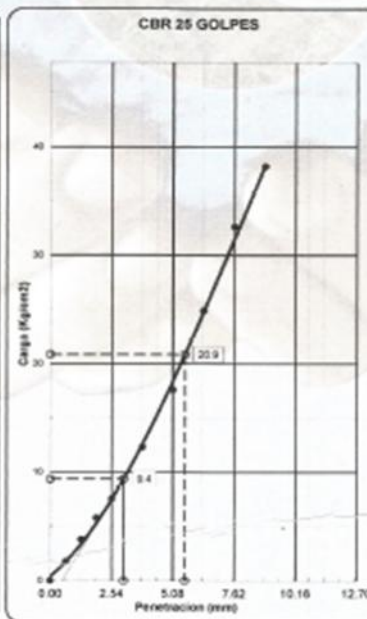
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.2"	31.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.2"	21.0

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.975 g/cm³
Humedad Opt.	5.9 %

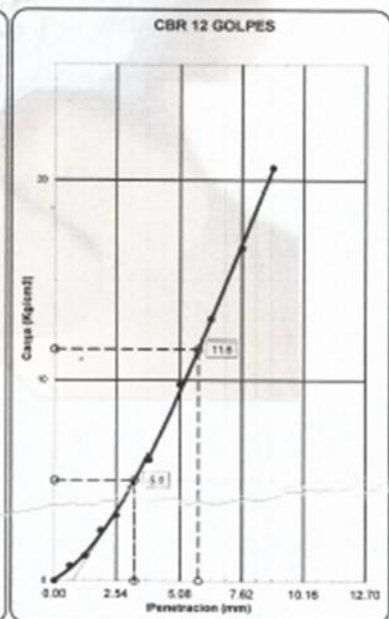
Observaciones:



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 21.7  
C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 30.5



C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 13.3  
C.B.R. (0.2")-25 GOLPES : 19.8



C.B.R. (0.1")-12 GOLPES : 7.1  
C.B.R. (0.2")-12 GOLPES : 11.0



Alex Palomino Oscco  
C.P. N° 262770



Frady Polomino Oscco  
ING. GEÓLOGO  
C.I.P. 164684  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS



**INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.**

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



**APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022**

**CLORURO DE SODIO + CAL EN 9%.**



Alex Polomino Oscco  
CIP. N° 252770  
INGENIERO CIVIL



Fredy Polomino Oscco  
ING. GEÓLOGO  
CIP. 104984  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS



**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO**

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL CLORURO DE SODIO + CAL EN 9%.

M-01

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

N° CALICATA : C\_01

COORDENADAS :

PROFUNDIDAD : 1.50 m

FECHA RECEPCION : 2022-03-12

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 2022-03-12

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITA : BACH VERA VELASQUEZ BORIS

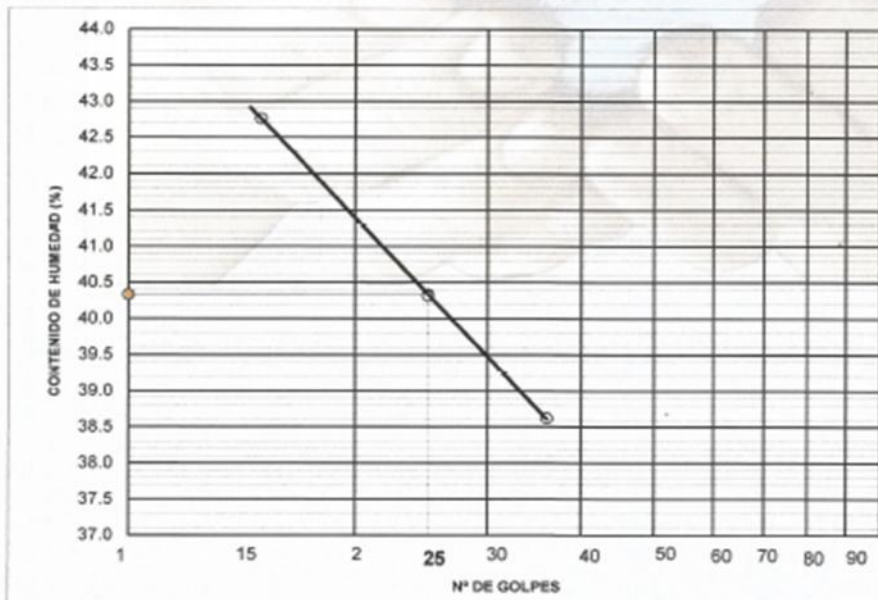
**LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40**

**LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110-2000**

NUMERO DE GOLPES, N	15	25	36		
N° DEL DEPOSITO	1	2	3		
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	41.53	42.53	41.90		
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	36.15	37.41	37.09		
PESO DEL AGUA (g)	5.38	5.12	4.21		
PESO DEL DEPOSITO (g)	23.57	24.71	26.79		
PESO DEL SUELO SECO (g)	12.58	12.70	10.90		
CONTENIDO DE AGUA (w%)	42.77	40.31	38.62		

**LIMITE PLASTICO (LP) MTC E 111-2000**

N° DEL DEPOSITO	1	2			
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	30.89	29.02			
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	29.04	27.16			
PESO DEL AGUA (g)	1.85	1.86			
PESO DEL DEPOSITO (g)	23.60	21.55			
PESO DEL SUELO SECO (g)	5.44	5.01			
CONTENIDO DE AGUA (W%)	1.85	1.86			
% DE HUMEDAD	34.01	33.16			



LL = 40.3 %

LP = 33.6 %

LP = 6.8 %

OBSERVACIONES:

Fredy Polomino Oscco  
ING. GEÓLOGO  
CIP. 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS

Alejo Polomino Oscco  
CIP. N° 252770  
INGENIERO CIVIL



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : CLORURO DE SODIO + CAL EN 9%.

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

N° CALICATA : C\_01

COORDENADAS : 0

PROFUNDIDAD : 1.50 m

FECHA RECEPCION : 2022-03-12

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

FECHA DE ENSAYO : 2022-03-12

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

SOLICITA : BACH. VERA VELASQUEZ BORIS

### ENSAYO DE COMPACTACION MTC E 115-2000

METODO DE COMPACTACION :	VOLUMEN DEL MOLDE :	2321 cm <sup>3</sup>	MOLDE N° :	3
<b>COMPACTACION</b>				
N° ENSAYO	1	2	3	4
PESO MOLDE + SUELO (g)	10803.0	11198.0	11443.0	11238.0
PESO MOLDE (g)	6507	6507	6507	6507
PESO SUELO COMPACTADO (g)	4295	4691	4935	4731
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	1.851	2.021	2.127	2.038
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
RECIPIENTE N°	0	0	0	0
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	607.0	603.0	610.0	615.0
PESO SUELO SECO + TARA (g)	582.0	567.0	563.0	557.0
PESO DEL AGUA (g)	25.0	36.0	47.0	58.0
PESO DEL RECIPIENTE (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO DEL SUELO SECO (g)	582.0	567.0	563.0	557.0
CONTENIDO HUMEDAD (%)	4.3	6.3	8.3	10.4
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.775	1.900	1.983	1.846

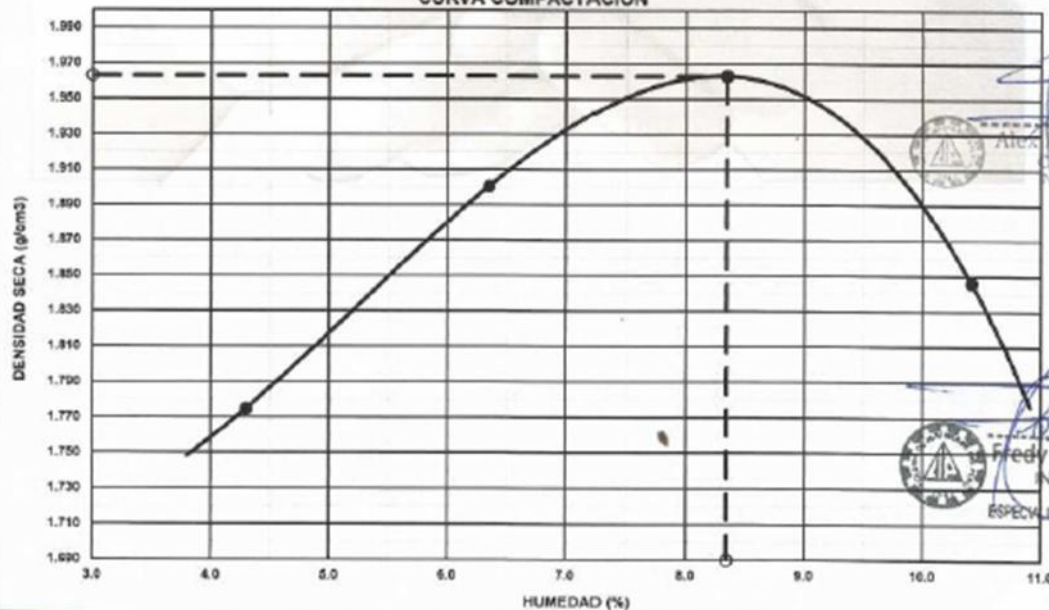
MAXIMA DENSIDAD SECA

1.963 gr/cm<sup>3</sup>

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

8.3 %

CURVA COMPACTACION



Alfonso Palomino Oscco  
CIP. N° 252770  
INGENIERO CIVIL

Fredy Polomino Oscco  
ING. GEÓLOGO  
CIP. 104884  
ESPECIALISTA SUELOS Y FUNDACIONES



**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO**

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : CLORURO DE SODIO + CAL EN 9%.  
UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS  
COORDENADAS : 0 PROFUNDIDAD : 1.50 m  
FECHA RECEPCION : 12 03 2022 ING.RESPONSABLE : A.P.O.  
FECHA DE ENSAYO : 12 03 2022 ENTIDAD : UNIVER: Anillo : C

**C.B.R DE SUELOS (LABORATORIO)  
MTC E 132-2000**

	1		2		3	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	58		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
<b>Compactación</b>						
Peso molde + suelo húmedo (g)	11443	11443.0	11250	11250.0	10899	10988
Peso de molde (g)	6507	6507	6567	6567	6730	6730
Peso del suelo húmedo (g)	4936	4936	4683	4683	4169	4258
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2321	2321	2334	2334	2328	2328
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.127	2.127	2.006	2.006	1.791	1.829
<b>Contenido de Humedad (%)</b>						
Recipiente Nº						
Tara + Suelo húmedo (g)	610.00	447.60	610.00	391.00	610.00	350.4
Tara + Suelo seco (g)	563.00	422.60	563.00	368.90	563.00	321.7
Peso del Agua (g)	47.00	25.00	47.00	22.10	47.00	28.70
Tara (g)						
Peso del suelo seco (g)	563.00	422.60	563.00	368.90	563.00	321.70
Humedad (%)	8.35	5.92	8.35	5.99	8.35	8.92
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.963	2.008	1.852	1.893	1.653	1.679

**SIN EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12 03 2022	09:00	0	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000
13 03 2022	09:00	24	5.00	0.05	0.039	7.00	0.07	0.055	10.00	0.10	0.079
14 03 2022	09:00	48	7.00	0.07	0.055	9.00	0.09	0.071	12.00	0.12	0.094
15 03 2022	09:00	72	9.00	0.09	0.071	11.00	0.11	0.087	14.00	0.14	0.110

**PENETRACION**

PENETRACION (mm.)	CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div.)	Kg./cm <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	%	Dial (div.)	Kg./cm <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	%	Dial (div.)	Kg./cm <sup>2</sup>	Kg./cm <sup>2</sup>	%
0.00		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.64		12	3.0			6	1.5			3	0.8		
1.27		35	8.8			8	2.0			6	1.5		
1.91		57	14.3			15	3.8			10	2.5		
2.54	70.31	85	21.4	28.04		22	5.5	13.04		15	3.8	6.36	
3.01		115	20.9			39	9.8			27	6.8		
5.08	105.46	140	35.2	33.41		70	17.6	22.36		40	10.1	10.64	
6.35		162	40.7			106	26.6			60	15.1		
7.62		185	46.5			140	35.2			85	21.4		
8.89		205	51.5			186	46.7			125	31.4		
10.16													
11.43													
12.70													



Alex Palomino Oscco  
CIP. Nº 252770  
INGENIERO CIVIL



Fredy Polomino Oscco  
ING. GEÓLOGO  
CIP. Nº 14884  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y FUNDAMENTOS



## LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : APLICACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL EN LA ESTABILIZACION DE SUBRASANTE AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS, 2022

MATERIAL : CLORURO DE SODIO + CAL EN 9%.

UBICACIÓN : AV. INDUSTRIAL ANDAHUAYLAS

COORDENADAS : 0

FECHA RECEPCIÓN : 12 03 2022

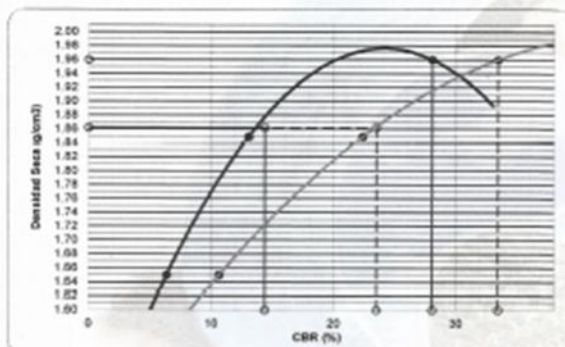
FECHA DE ENSAYO : 12 03 2022

PROFUNDIDAD : 1.50 m

ING.RESPONSABLE : A.P.O.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

### ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACION MTC E 132-2000

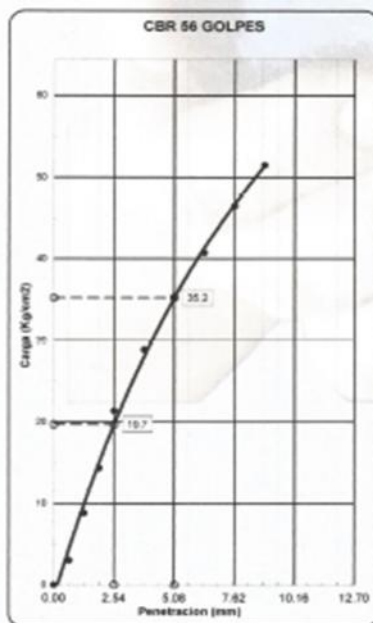


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.1"	28.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.1"	14.4

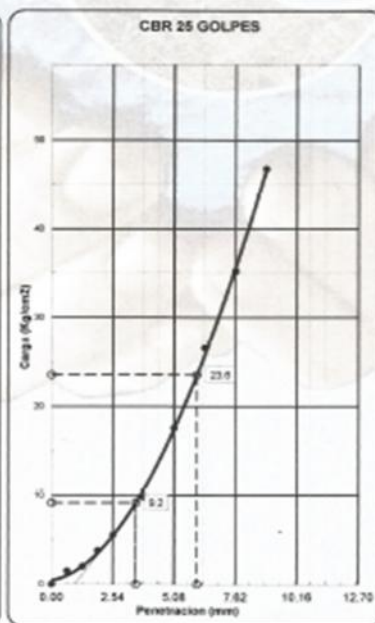
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. 0.2"	33.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. 0.2"	23.5

Índice del Proctor		
Densidad Seca	1.963	g/cm³
Humedad Opt.	8.3	%

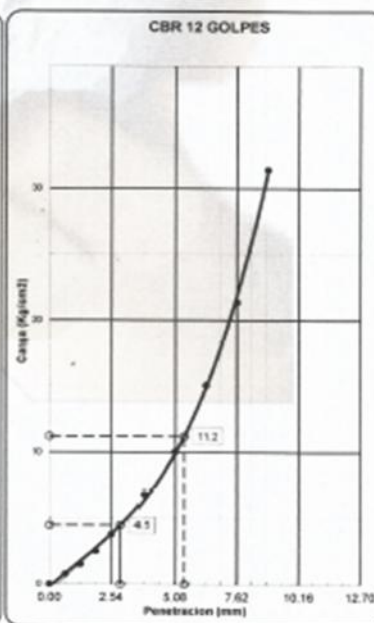
Observaciones:



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : **28.0**  
 C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : **33.4**



C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : **13.0**  
 C.B.R. (0.2")-25 GOLPES : **22.4**



C.B.R. (0.1")-12 GOLPES : **6.4**  
 C.B.R. (0.2")-12 GOLPES : **10.6**



Alex Palomino Oscco  
 CIP. N° 262770  
 INGENIERO CIVIL



Freddy Polomino Oscco  
 ING. GEÓLOGO  
 CIP. 104884  
 ESPECIALISTA SUELOS Y FUNDACIONES



# Anexo 04: Certificados de Calibración



No.  
000056

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN NUMERO: 054-2021 PLF

**OBJETO DE PRUEBA:**

Instrument

Rangos

Measurement range

FABRICANTE

Manufacturer

Modelo

Model

Serie

Identification number

Ubicación de la máquina

Location of the machine

Norma de referencia

Norm of used reference

Intervalo calibrado

Calibrated interval

Solicitante

Customer

Dirección

Address

Ciudad

City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

Measurement standard

Tipo / Modelo

Type / Model

Rangos

Measurement range

Fabricante

Manufacturer

No. serie

Identification number

Certificado de calibración

Calibration certificate

Fecha de validez

Date of validity

Incertidumbre de medida

Uncertainty of measurement

Método de calibración

Method of calibration

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

Date of issue

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

Tec. Gilmer Antonio Huamán

Responsable del Laboratorio de Metrología.

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

50,000 kN

PINZUAR

PS - 27

159

Laboratorio de PINZUAR LTDA.

NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25)

Del 10% al 100% del Rango

JJR INGENIEROS & LABORATORIOS DE SUELO SAC.

Jr. BOLOGNESI N° 500

APURIMAC

TS-C-SI / PG - 300

50 kN

AEP

J8105332 / 101

N° 4248

2014 - 04 - 01

0,062 %

Comparación Directa

Sistema Internacional de Unidades ( SI )

2021 - 12 - 14

2021 - 12 - 15

Pág. 1 de 3

3

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellevista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 - 4541606 | Lima, Perú | peru.laboratorio@pinzuar.com.co  
peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
**NÚMERO 053 - 2021 PLF**  
**Pág. 2 de 3**
**Método de Calibración:** FUERZA INDICADA CONSTANTE  
**Tipo de Instrumento:** MÁQUINA MULTISOS AUTOMÁTICA COMPUTARIZADA

**DATOS DE LA CALIBRACIÓN**
**Dirección de la Carga:** COMPRESIÓN **Resolución:** 0.001 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kN	1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
		kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	0,50	0,500	0,500		0,500	
20	1,00	1,000	1,001		1,000	
30	1,50	1,501	1,500		1,501	
40	2,00	2,001	2,001		2,000	
50	2,50	2,500	2,500	No Aplica	2,501	No Aplica
60	3,00	3,001	3,000		3,001	
70	3,50	3,500	3,501		3,501	
80	4,00	4,001	4,001		4,001	
90	4,50	4,501	4,501		4,501	
100	5,00	5,001	5,000		5,001	
Indicación después de Carga:		0,0	0,0		0,0	No Aplica

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN**

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U <sub>t</sub> (%) k=2
10	0,5	0,04	0,08			0,200	0,14
20	1,0	-0,03	0,08			0,100	0,09
30	1,5	-0,05	0,04			0,067	0,08
40	2,0	-0,03	0,03			0,050	0,07
50	2,5	-0,02	0,02	No Aplica	No Aplica	0,040	0,07
60	3,0	-0,02	0,03			0,033	0,07
70	3,5	-0,02	0,01			0,029	0,07
80	4,0	-0,02	0,01			0,025	0,07
90	4,5	-0,02	0,01			0,022	0,07
100	5,0	-0,01	0,01			0,020	0,07
Error Relativo de Cero fo (%)		0,00	0,00	0,00	No Aplica		

Técnico de Calibración: Gilmer A. Huamán P.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6.4.2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO

## Anexo 05: Panel Fotográfico



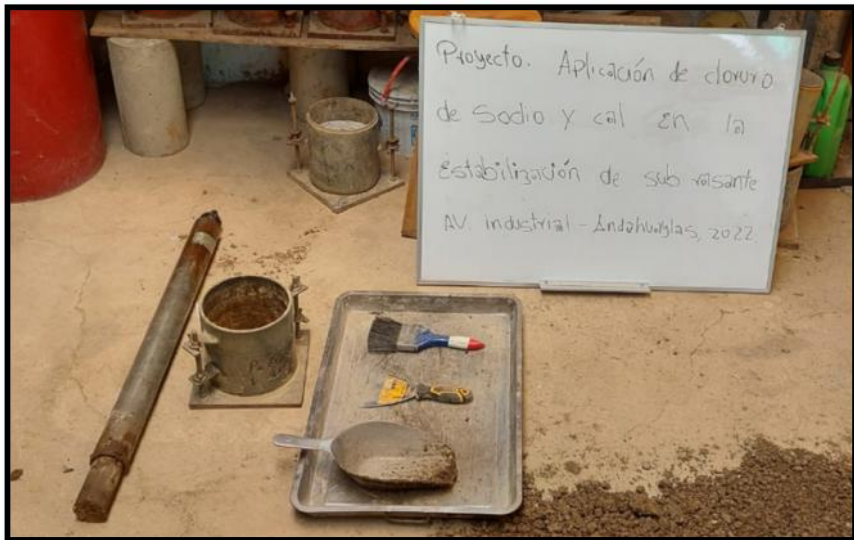
**Fotografía N° 01:**  
Exploración mediante calicata en el tramo en investigación, Av. industrial – Andahuaylas, 2022



**Fotografía N° 02:**  
Exploración mediante calicata en el tramo en investigación, Av. industrial – Andahuaylas, 2022



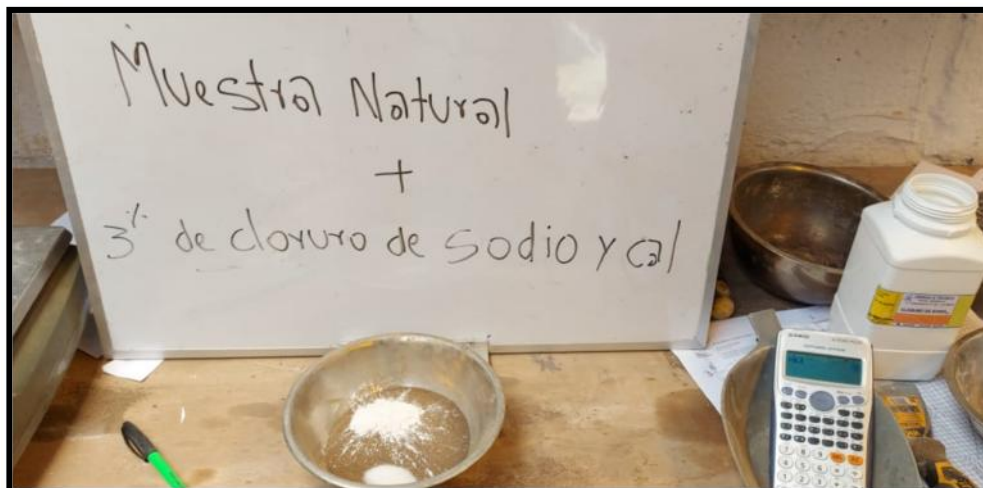
**Fotografía N° 03:**  
Realización del ensayo de limite liquido de la muestra natural



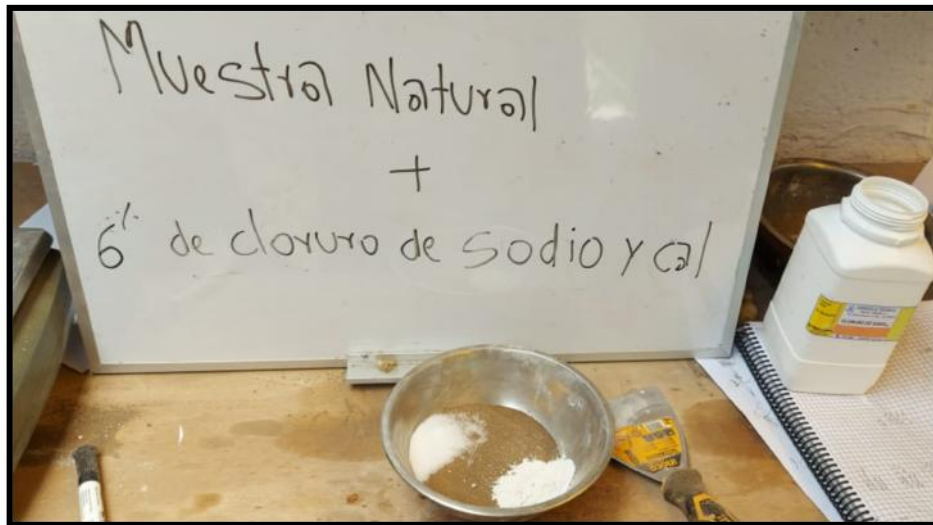
**Fotografía N° 04:**  
Materiales necesarios para la realización del ensayo de proctor modificado



**Fotografía N° 05:**  
Proceso de compactación, ensayo proctor modificado

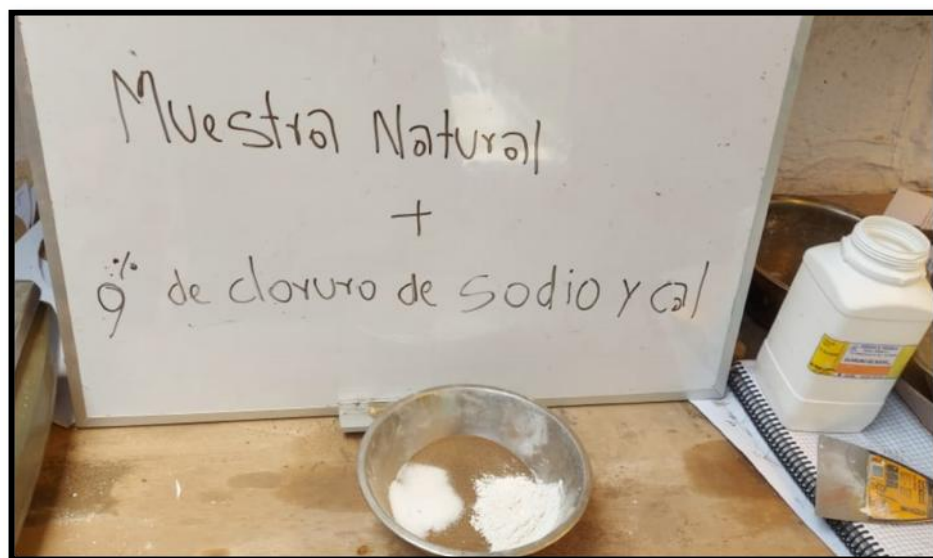


**Fotografía N° 06:**  
Dosificación de cloruro de sodio y cal al 3% de la muestra natural previamente tamizado por la malla N° 40, para la aplicación de los ensayos de límites de consistencia



**Fotografía N° 07:**

Dosificación de cloruro de sodio y cal al 6% de la muestra natural previamente tamizado por la malla N° 40, para la aplicación de los ensayos de límites de consistencia



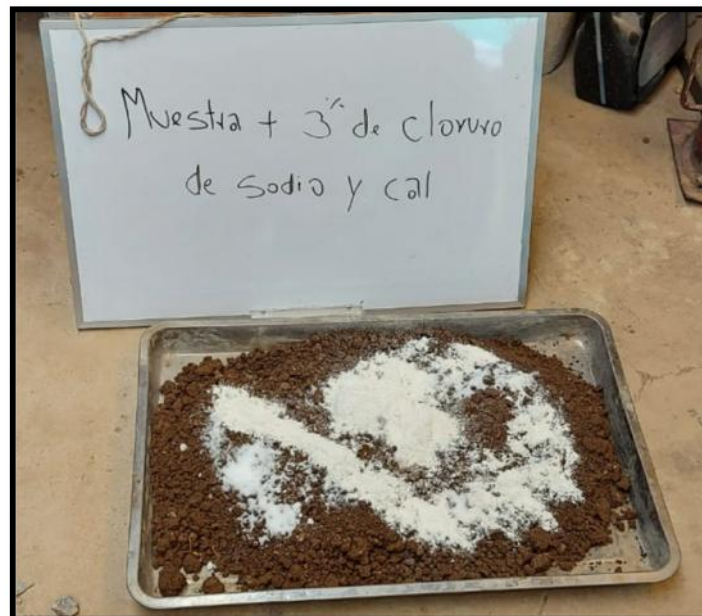
**Fotografía N° 08:**

Dosificación de cloruro de sodio y cal al 9% de la muestra natural previamente tamizado por la malla N° 40, para la aplicación de los ensayos de límites de consistencia



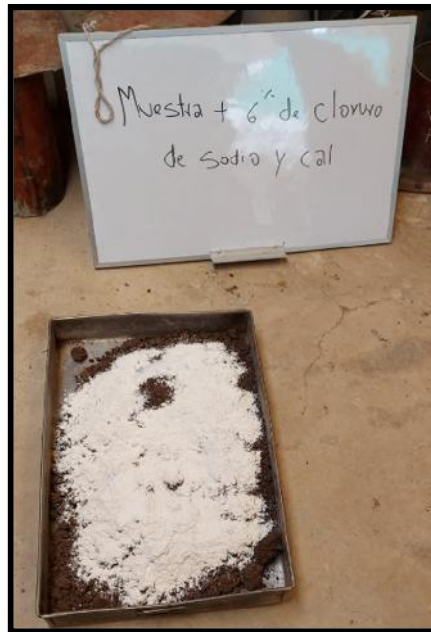
**Fotografía N° 09:**

Resultados obtenidos de la aplicación de los ensayos de límites de consistencia para las dosificaciones de 3%, 6% y 9% de cloruro de sodio y cal



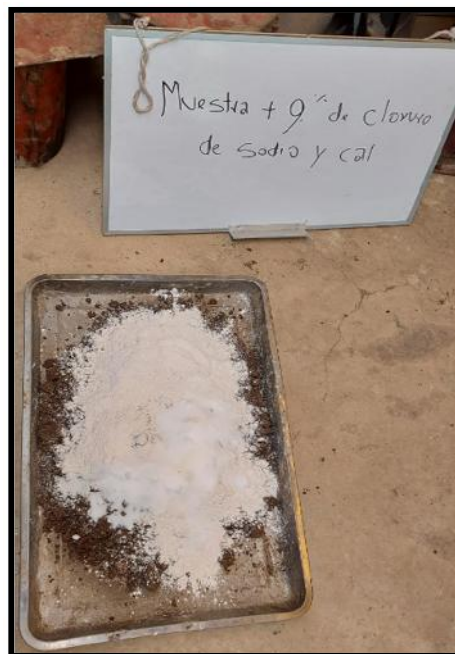
**Fotografía N° 10:**

Dosificación de cloruro de sodio y cal al 3% de la muestra natural, para la aplicación en el ensayo de CBR



**Fotografía N° 11:**

Dosificación de cloruro de sodio y cal al 6% de la muestra natural, para la aplicación en el ensayo de CBR



**Fotografía N° 12:**

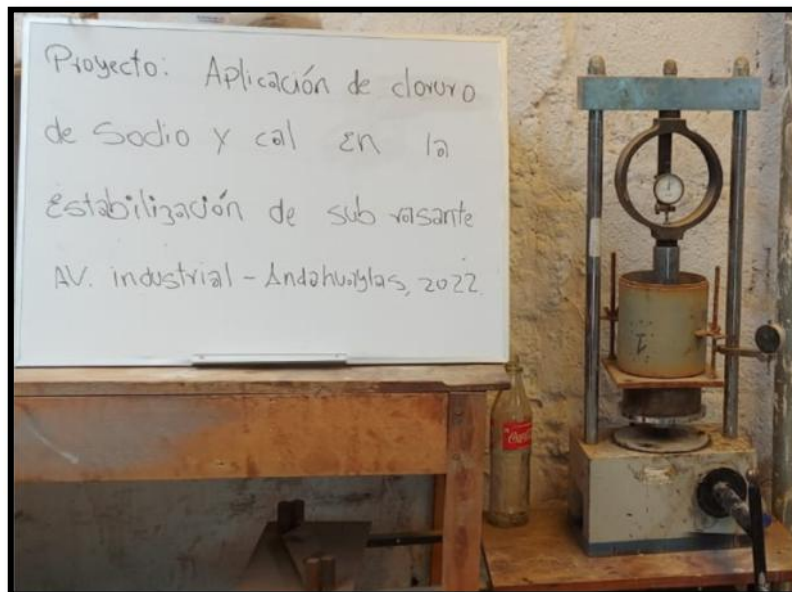
Dosificación de cloruro de sodio y cal al 9% de la muestra natural, para la aplicación en el ensayo de CBR





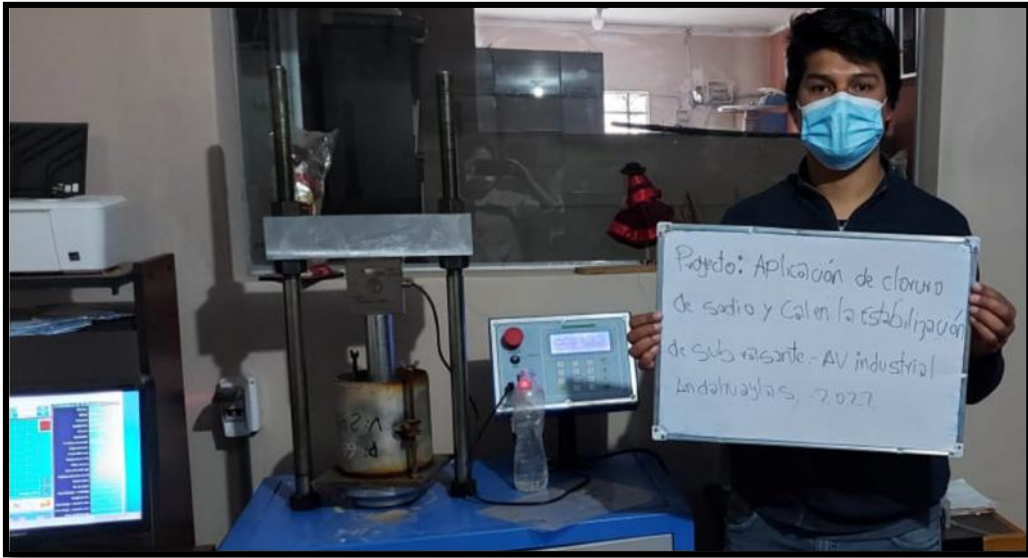
**Fotografía N° 13:**

Etapa de Saturación correspondientes a las dosificaciones de 3%, 6% y 9% de la adición de cloruro de sodio y Cal



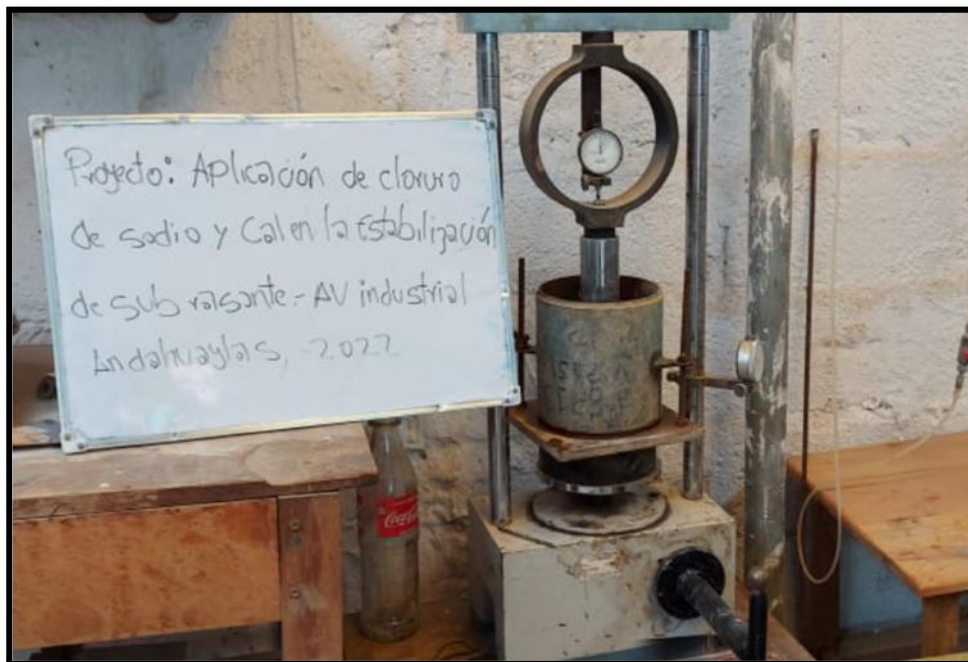
**Fotografía N° 14:**

Etapa de punzonamiento o sometimiento al esfuerzo correspondientes a las dosificación de 3%, 6% y 9% de cloruro de sodio y Cal



**Fotografía N° 15:**

Etapa de punzonamiento o sometimiento al esfuerzo correspondientes a las dosificación de 3%, 6% y 9% de cloruro de sodio y Cal



**Fotografía N° 16:**

Etapa de punzonamiento o sometimiento al esfuerzo correspondientes a las dosificación de 3%, 6% y 9% de cloruro de sodio y Cal