



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Mejoramiento de la Base Granular adicionando estabilizador Químico  
CON—AID CBR Plus en Carretera Juliaca -Limite Bolivia. Km 210+750 -  
263+000. Departamento de PUNO”.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL.**

**AUTOR:**

Cárdenas Silvera, Diego Antonio

**ASESOR:**

Mg. Ing. José Luis Benítes Zúñiga

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA- PERÚ**

2018



**ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 2

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

Diego Antonio Cárdenas Silva

cuyo título es:

"Mejoramiento de la Base Granular, adicionando estabilizador Químico  
CON A10 CBR Plus, en Carretera Juliaca - Limite Bolivia, Km. 210 +  
750 - 263+000. Departamento de Puno"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

15 (número) QUINCE (letras).

Lugar y fecha L.M.B., 06-12-2018

[Firma]  
PRESIDENTE

Mg. Rosa OLAVECHA MORGARIFA  
Grado y nombre

[Firma]  
SECRETARIO

Mg. Rolando Ramirez Felix  
Grado y nombre

[Firma]  
VOCAL  
Mg. Isaac Benites  
Grado y nombre

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

## Dedicatoria

A mis padres por ser las personas que forjaron lo que soy, todo lo que hasta ahora he obtenido es gracias a ellos y este proyecto va para ellos.

## Agradecimientos

Al Ing. José Luis Benítez, por el tiempo brindado y constante asesoría.

A las personas que estuvieron detrás de mí respaldándome, creyendo en mí, y apoyándome en todo momento.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Diego Antonio Cárdenas Silvera identificado con DNI N° 74768281 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Titulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 6 de Diciembre del 2018



---

Cárdenas Silvera, Diego Antonio

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Mejoramiento de la Base Granular adicionando estabilizador Químico CON—AID CBR Plus en Carretera Juliaca - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de PUNO”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Civil.

Cárdenas Silvera, Diego Antonio

## ÍNDICE

Generalidades .....	xii
---------------------	-----

### I. Introducción

1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Trabajos Previos.....	3
121. Antecedentes Nacionales.....	3
122. Antecedentes Internacionales .....	6
1.3. Teorías Relacionadas al Tema .....	9
131. Suelos .....	9
1.3.1.1. Tipos de Suelos en el Perú... ..	9
132. Estabilidad de Suelos.....	15
133. Aditivos .....	18
134. CON – AID CBR Plus.....	21
1.3.4.1. Rendimiento Económico.....	21
1.3.4.2. Rendimiento Técnico .....	22
1.3.4.3. Rendimientos adicionales .....	22
1.3.4.4. Usos .....	22
1.3.4.5. Dosificación Adecuada del Estabilizador CON-AID .....	23
1.3.4.6. Aclimatación adecuada del Aditivo CON-AID .....	23
135. Pavimento Flexible.....	24
1.3.5.1. Subrasante.....	26
1.3.5.2. Subrasante Mejorada o Modificada .....	26
1.3.5.3. Sub base .....	26
1.3.5.4. Base.....	26
1.3.5.5. Capa de Rodadura .....	27
1.3.5.6. Resistencia del Suelo... ..	27
1.3.5.7. Compactación de Suelo Estabilizado.....	29
1357.1. Proctor Estándar... ..	29
1357.2. Proctor Modificado.....	30
1.3.5.8. Grado de hinchamiento .....	31
1.3.5.9. Grado de Absorción... ..	31
1.4. Formulación del Problema .....	32
141. Problema General .....	32
142. Problemas Específicos .....	32
1.5. Justificación de la Investigación .....	33
1.6. Hipótesis de la Investigación .....	33
161. Hipótesis General .....	33
162. Hipótesis Específicas .....	34
1.7. Objetivos.....	34
171. Objetivo General.....	34
172. Objetivos Especificos .....	35

## **II. Método**

2.1.	Tipología de Diseño de Investigación .....	37
2.2.	Nivel de Investigación .....	37
2.3.	Variables y Definición Operacional .....	37
231.	Variable Dependiente.....	38
232.	Variable Independiente .....	38
233.	Operacionalización de Variables .....	39
2.4.	Población .....	42
2.5.	Muestra .....	42
2.6.	Muestreo .....	42

## **III. Resultados**

3.1.	Dosificación adecuada del aditivo.....	46
3.2.	Ensayos de Granulometría.....	47
3.3.	Límite Líquido .....	50
3.4.	Límite Plástico e Índice de Plasticidad.....	51
3.5.	Peso específico .....	53
3.6.	Ensayo de Proctor con Terreno Natural.....	54
3.7.	Ensayo de CBR con terreno Natural.....	58
3.8.	Ensayo de Probetas con Terreno Natural.....	59
3.9.	Ensayo de Probetas con Dosificaciones de Aditivo CON-AID.....	60

## **IV. Discusión**

## **V. Conclusiones**

## **VI. Recomendaciones**

## **VII. Referencias**

## **VIII. Anexos**



## ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Suelo de la Región Yermosólica .....	11
Figura 2. Suelo de la Región Litosólica .....	12
Figura 3. Suelo de la Región Kastanosólica .....	13
Figura 4. Suelo de la Región Acrisólica .....	14
Figura 5. Excavación de la Calicata .....	44
Figura 6. Se procedió a identificar la calicata como C1 ...	44
Figura 7. Acopio de material .....	45
Figura 8. El aditivo y las probetas .....	46
Figura 9. Aditivo mezclado... ..	46
Figura 10. Se procedió a lavar el material para el análisis granulométrico.....	47
Figura 11: Se procedió a pesar el material para el análisis granulométrico .....	49
Figura 12: Mallas para el análisis granulométrico.....	49
Figura 13: Se coloca y enrasa el material en la copa de Casagrande .....	50
Figura 14: El material se divide en 2 para la obtención del LL.....	51
Figura 15: Obtención del Límite Plástico.....	52
Figura 16: Máquina de vacíos requerida para la extracción de vacíos... ..	53
Figura 17: Probeta utilizada en la extracción de Vacíos para el peso Específico.....	54
Figura 18: Vaciado del material para la compactación... ..	55
Figura 19: El material se tamiza para evitar los grumos... ..	55
Figura 20: Procedimientos para el proctor.....	56
Figura 21: Con el pisón se procede a dar los golpes al material.....	56
Figura 22: El material es enrasado... ..	57
Figura 23: El material se retira con el extractor de muestras .....	57
Figura 24: Acopio de datos para el proctor .....	57

Figura 25: Ensayo de CBR con terreno natural a medio ambiente .....	58
Figura 26: Ensayo de CBR con terreno natural sumergido... ..	58
Figura 27: Mezcla del material con el aditivo para la elaboración de probetas... ..	59
Figura 28: Aditivo CON-AID CBR Plus.....	59
Figura 29: Material con el aditivo incorporado .....	60
Figura 30: Las probetas a medio ambiente resultaron satisfactorias... ..	62
Figura 31: Probetas al natural... ..	62
Figura 32: Probeta del suelo natural... ..	65
Figura 33: Probeta de suelo Natural + 0.5% de CON-AID... ..	65
Figura 34: Probeta de suelo Natural + 1.0% de CON-AID... ..	66
Figura 35: Probeta de suelo Natural + 1.5% de CON-AID... ..	66
Figura 36: Probeta de suelo Natural + 2.0% de CON-AID... ..	67
Figura 37: Todas las probetas sumergidas en agua .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 01. Cuadro de Dosificación...	23
Tabla 02. Volumen de Aditivo...	46
Tabla 03. Clasificación de Suelos...	48
Tabla 04. Límite Líquido.....	50
Tabla 05. Límite Plástico.....	52
Tabla 06. Índice de Plasticidad.....	52
Tabla 07. Peso Específico.....	53
Tabla 08. Proctor con terreno natural...	54
Tabla 09. Resultados de CBR.....	61
Tabla 10. Grado de Expansión del suelo...	63
Tabla 11. Grado de Absorción de Agua del Suelo...	64

## **Resumen**

La optimización de la base del suelo es desde mucho un tema importante de estudio ya que las carreteras son la base primordial de un país. En la presente investigación se evaluará la utilidad de la adición del aditivo CON-AID para mejorar las características de la base del suelo usado en las carreteras, sean estas pavimentadas o no a fin de poder ser utilizado en una vía de alto índice climático. A pesar de la gran utilidad de este tipo de aditivo aún no es muy utilizado en el país, motivo por el cual en esta investigación se realizará una breve descripción del diseño utilizado y se concentrará en el estudio en las propiedades mecánicas del suelo, así como también los límites respectivos. Se realizaron pruebas realizadas bajo tipos de husos granulométricos, el adecuada para este tipo de terreno el cual es arcilloso. Para mejorar las propiedades del suelo se ha optado por adicionar el aditivo en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%, a fin de encontrar la dosificación óptima que mejore las propiedades mecánicas del suelo sin afectar sus demás propiedades.

**Palabras Clave:** Suelo, Aditivo, Propiedades, Arcilla.

## ABSTRACT

The optimization of the properties of concrete has long been a subject under study, the application of concrete occurs in different areas, being its use in pavements one of them, but its limited resistance characteristic of a structure which is subject to different loads demands a solution. In the present investigation, the usefulness of the addition of steel fibers to improve the characteristics of the concrete used in rigid pavements will be evaluated in order to be used in a road with high vehicular traffic (Av. Túpac Amaru, district of Independencia). Despite the great usefulness of this type of concrete is not yet widely used in the country, which is why this research will make a brief description of the design used and will focus on the study in the properties of resistance to compression, resistance to bending and proportional limit stresses and residual resistance. Tests were carried out under types of granulometric spindles, the one suitable for this type of concrete. To improve the properties of the concrete, it has been opted to add steel strips in dosages of 0.5%, 1.0% and 2.0%, in order to find the optimum dosage that improves the mechanical properties of the concrete without affecting its strength.

**Keywords:** Ground, Additive, Properties, Clay.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad problemática:**

El complejo vial permite satisfacer las necesidades prioritarias de la gente tales como el asunto educacional, laboral, alimentario y la salud; tales necesidades son como bien se menciona prioritarias y principales en una nación a nivel mundial. Por tal motivo, para un país es de suma importancia elaborar su sistema de carreteras ya que por medio de ellas se puede unir al país y satisfacer las principales necesidades de la población.

Debido a estos factores, la importancia de construir adecuadamente las carreteras incrementa notoriamente, ya que acarrea una gran inversión y un gran impacto tanto a la sociedad como al medio ambiente.

En el Perú existen muchos problemas relacionados con las carreteras, muchos de ellos debido al mal manejo de los equipos, materiales e insumos a utilizar para la construcción de estas, sin mencionar los riesgos ambientales y económicos que esto conlleva, sin embargo dentro de esta problemática también se pueden encontrar problemas de tipo técnico, los cuales tienen implicación con el suelo y el pavimento.

Se afirmará la estabilidad del suelo solo si éste presenta la suficiente resistencia ante una posible deformación o al inaceptable desgaste que se pueda presentar en el mismo, todo ello debido al constante uso de la vía o a los agentes climatológicos de la zona en donde se va a ubicar la futura vía.

La composición granulométrica, el porcentaje de humedad y nivel de plasticidad que presenta un terreno de obra en su forma original son de suma importancia para que cuando el material antes mencionado se encuentre apisonado, posea las cualidades físicas que lo hagan poder ser usado como firme.

Las antiguas formas utilizadas para poder usar el suelo en una construcción se basaban principalmente en la experiencia de los trabajadores en obras del mismo tipo, las cuales eran transmitidas a su descendencia continuamente. La sabiduría actual que se tiene en este tema está fundamentada en estudios realizados por personal altamente calificado y científicamente comprobado.

Podría decirse entonces que se pueden estabilizar todas las variedades de suelo existentes, sin embargo se debe tener mucho cuidado ya que dicha estabilización al ser realizada en ocasiones por otros agentes, llámense estos cal u otros, podrían, de darse el caso de que no cumplan con ciertas propiedades, incrementar el presupuesto destinado para dicha actividad lo cual encarecería el trabajo.

Los suelos que son estabilizados, se utilizan normalmente para mejorar la calidad y tiempo de uso de otros suelos que se ubican en zonas climatológicas extremas y para reducir los cambios en los suelos limo/arcillosos.

En los problemas relacionados al suelo, se pueden encontrar un sinnfín de casos, siendo los más comunes, los problemas por falta de cohesión, estabilización, o adherencia del suelo.

Para solucionar dichos problemas es de suma importancia apelar a ciertos componentes adicionales, los cuales tendrán como objetivo mitigar y hasta eliminar dichos problemas.

Los componentes más usuales en este tipo de problemas son el cemento, cal, cenizas, aceites especiales, emulsiones, asfalto, resinas naturales, polímeros y aditivos.

Se trata efectivamente de los aditivos, los cuales van a tomar el rol principal en este proyecto, ya que se ha trazado como meta aplicar el aditivo CON-AID CBR PLUS para mejorar la estabilidad del suelo, en busca de un óptimo desempeño del mismo para la base del pavimento.

Dicho aditivo cuenta con muchas propiedades a su favor, que para la problemática presentada en el trabajo son de mucha utilidad, a continuación se develarán una por una sus propiedades, beneficios, y el por qué debería ser utilizado en nuestro país.

## **1.2. Trabajos Previos**

### **1.2.1. Antecedentes Nacionales:**

Delva Flor Bada Alayo (2016) en su tesis titulada “Aplicación del Aditivo Químico Conaid para Atenuar la Plasticidad del Material Granular del Tramo de la Carretera Tauca – Bambas (km73 + 514 – km132 + 537) de la Ruta Nacional pe – 3na” Universidad Privada Antenor Orrego, cuya finalidad fue verificar la aplicación del CON-AID



Con el sentido de disminuir el alto índice de contenido plástico en el sector de la vía Tauca – Bambas (km73 + 514 – km132 + 537) de la ruta Nacional PE – 3NA. La metodología aplicada en esta tesis fue de tipo científica, para la cual fueron necesarias diversas tomas de muestreo de prueba, las que debían ser prueba de estudio, el tipo de material utilizado fue el granular añadiendo el aditivo mencionado en la presente tesis, esto se hizo con el propósito de medir el grado de mejoría de la capa subbase, repitiendo el mencionado procedimiento para toda la extensión de la vía mencionada en el presente trabajo de investigación, para este trabajo de tesis se tomó como una población a la vía mencionada al principio a lo largo de su extensión, a su vez para poder llegar a obtener un equivalente de muestra el mencionado componente químico deberá ser aplicado en toda la extensión de la vía mencionada líneas arriba, luego de ello concluyó: a) Incremento sustancial del grado de resistencia, con lo cual se puede aseverar que existe un cierto grado de mejora también en las pruebas de suelos que se le practican a las muestras, de hecho la comparación entre dos muestras con y sin el aditivo generan una diferencia de aproximadamente doscientos por ciento, b) Cabe resaltar que se pudieron ver con más claridad los resultados favorables en las muestras en las que se empleó una mayor cantidad de compuesto químico y a la vez éstas cumplieron con un límite de tres días de reposo antes de ser emplazadas en la respectiva zona de curado. c) Las estadísticas finales de las pruebas de capacidad portante del proyecto son las mismas que se obtuvieron con los ensayos en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. d) Siempre está presente la reducción de los flúidos. El presente compuesto químico genera una reacción esencialmente sobre la arena fina y el material de arcilla, motivo que genera que en las muestras con una cantidad mayor de arena fina, el grado de retención de líquidos (si bien es cierto no es tan evidente) sea menor. e) Se tiene claro que la media siempre es la reducción de la capacidad de hincharse. Por tal motivo se puede apreciar una disminución mucho mayor en aquellas muestras en las que se dejó al con-aid trabajar por tres días. f) Se pudo llegar a disminuir hasta en un cincuenta por ciento como máximo la capacidad de retención con respecto a las muestras que no contaban con el compuesto Con-aid.

Gutiérrez Montes, Carlos Alberto (2015) en su tesis titulada “Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del Cloruro de Magnesio

(Bishofita) frente al Cloruro de Calcio” Universidad Ricardo Palma, cuya finalidad absoluta fue la de garantizar un tráfico que brinde seguridad, agilidad para el flujo vehicular y tenga la mayor comodidad posible, la metodología utilizada fue experimental, ya que los elementos más utilizados para hacer que un terreno sea estable son el NaCl y MgCl<sub>2</sub>. Desde hace mucho tiempo hay por el mundo una gran variedad de proveedores salinos, el CaCl<sub>2</sub> se puede conseguir mayoritariamente de yacimientos mineros y también, aunque en menor escala, de la misma agua oceánica. El CaCl<sub>2</sub> y MgCl<sub>2</sub> se puede conseguir en gran mayoría de acopios del subsuelo y salubres por medio de un proceso climatológico. En el momento en que las salubres son empleadas para estabilizar el terreno, es porque la finalidad de ello es disminuir el degrado externo de la carpeta de rodadura, así como también para reducir la proliferación de capas de polvo esencialmente en los caminos ubicados en la zona costera, la población son las carreteras no pavimentadas del Perú, la muestra son las carreteras que utilicen cloruro de magnesio y sean no pavimentadas, concluyó: a) Ha quedado explicado que desde todos los aspectos posibles, ya sea esto hablando técnicamente, ambientalmente o económicamente, el MgCl<sub>2</sub> hidratado seis veces tiene muchísimas dificultades para tan siquiera igualar al CaCl<sub>2</sub>. b) Existe un gran yacimiento salino que produce CaCl<sub>2</sub> y se encuentra ubicado al norte de Lima con el cual se podría mejorar las vías ubicadas en todas las regiones del Perú. c) Para las vías que reciben una baja demanda vehicular es más favorable priorizar la idea de poder crear vías de una manera más factible económicamente hablando, para lo cual se podría emplear el CaCl<sub>2</sub>, el cual a su vez tiene muy buenas propiedades en todos los aspectos que se detallaron en el punto a. d) El CaCl<sub>2</sub> puede ser empleado también como una muy buena opción para poder dar por habilitadas y mejorar las vías provisionales, ya que estas reúnen todos los requisitos que se piden para las áreas Costeras del país.

Ugaz Palomino, Roxana María (2016) en su tesis titulada “Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de la sub Rasante, Universidad Nacional de Ingeniería, cuya finalidad fue verificar el proceder de diversos aditivos que se encarguen de la estabilización del terreno empleadas en muestras de material que formen parte del suelo nacional, para poder emplearse en carreteras nacionales, la metodología utilizada fue

experimental, ya que se emplearon en laboratorio diversos ensayos con una amplia lista de estabilizadores con la finalidad de determinar el más óptimo teniendo en cuenta diversos factores, concluyó: a) Durante los últimos años ha surgido una gran expectativa por los suelos y su estabilidad proveniente del MTC, todo esto evidenciado en diversos trabajos, libros, expedientes de diseño de carreteras y vías b) Se buscó, a la vez que se iban presentando los avances, el hecho de no solo emplear elementos foráneos, sino también poder emplear elementos locales. c) También es cierto que a lo largo de los años se ha tenido precedentes sumamente negativos en cuanto a aditivos empleados en terreno nacional generados por muchas mermas económicas. d) El interés de fomentar con esta investigación, el tomar formas de diseño no convencionales es debido a que la mayoría de productos que se emplean en este trabajo son Productos químicos, que garantizan reacciones y transformaciones en la matriz de suelos. e) El objetivo de estas investigaciones es precisar la idea que se tiene de toda la variedad de aditivos estabilizantes en el país y como se deben emplear adecuadamente las diversas pruebas que determinen las propiedades específicas de cada uno de ellos.

La Rosa Orbezo, Nohelia Thais (2015) en su tesis titulada “Aplicación del Aditivo QUIM KD-40 para estabilizar suelos en caminos no pavimentados” Universidad Nacional de Ingeniería, y cuya finalidad es la de aplicar el aditivo QUIM KD-40 como estabilizador económico para suelos en caminos no pavimentados. La metodología aplicada es de tipo Experimental. El aditivo tiene que cumplir los requisitos tales que en mínimas proporciones se puedan producir resultados alentadores, además que produzca los efectos deseados; concluyó lo siguiente: a) El ensayo CBR de la grava mal gradada con limo y arcilla incrementó su capacidad portante hasta 27%, con una cantidad aproximada de 2% del peso de suelo seco. b) La arena limosa incrementó su capacidad portante 54% con una cantidad de 1% del peso del suelo seco. c) La arena limosa con grava aumentó su resistencia en 20% con la presentación. D) Los valores de cohesión obtenidos del ensayo de corte directo, de los tres suelos mejoraron con todas las proporciones analizadas, destacando la dosis de 2 % del peso de suelo seco.

### 1.2.2. Antecedentes Internacionales

Valle Arias, Wilfredo (2017) en su tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos plásticos con Mineralizadores en ambientes sulfatados o Yesíferos” de la Universidad Politécnica de Madrid, cuya finalidad fue encontrar el beneficio más alto de suelos al fusionarlos con sulfatos, etc. En la formación de cuestas con estabilizaciones adecuadas, “la metodología utilizada es experimental, la población es los suelos arcillosos y su muestra es los suelos estabilizados con minerales, concluyó: a) Existe un aditivo llamado RBI-81 el cual genera la posibilidad de poder exponer el terreno de manera libre sin la necesidad de tener que recubrirlo, lo cual genera un decaimiento en el aspecto económico, lo cual a la vez es también una elección confiable con miras a la mejoría de las trochas carrozables y/o vías sin asfaltar, las cuales requieran de un acabado especial para mimetizar con el ambiente. b) El aditivo mencionado en el punto a, brinda un incremento de la capacidad portante del terreno a la vez que genera una disminución del índice plástico y también una inflación del terreno de muestra. c) El terreno que se vea afectado por el aditivo mencionado líneas arriba puede actuar de manera directa como vía terminada. d) Existen datos brindados por la empresa distribuidora del aditivo, los cuales aseguran que los terrenos con altos sulfatos en los cuales se emplee el aditivo en mención reaccionarán de forma favorable, ello debe investigarse aún más a fondo.

Roldán de Paz, Jairon (2016) en su tesis titulada “Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio (NaCl) para Base y Subbase” de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tuvo como finalidad el exponer a la opinión una opción válida tanto técnica como económicamente hablando, para poder solucionar los problemas que surgen debido al decaimiento de la humedad en los terrenos, para que de esta manera los terrenos de muestra no sufran de descompensaciones por un déficit de humedad, la metodología fue experimental, su población y muestra son los suelos en la capa base y sub base, concluyó a) Se tiene por todos los medio posibles que evitar que se emplee el Cloruro de sodio en suelos

que concentren un alto índice capilar, también en lugares con napas freáticas constantes y zonas en las que el agua pueda traspasar lateralmente, solo se puede trabajar en esos casos tomando excesivo cuidado y todas las medidas necesarias para poder evacuar el flujo de agua, ya que el NaCl suele disolverse de manera muy fácil en agua. b) El NaCl debe ser adecuadamente distribuido según el tamaño de la muestra que se va a emplear en los ensayos, la distribución correcta de ello es crucial para la obtención de los ensayos debidamente aplicados, ya que si esta distribución se realiza en función a los líquidos, los ensayos pueden verse alterados en su resultado final. c) La incorporación del aditivo químico NaCl se emplea básicamente para poder disminuir la disipación del terreno de estudio d) La disipación del suelo se produce con suma diferencia en más tiempo en las muestras de terreno que no contienen el compuesto químico mencionado líneas arriba, lo cual genera un buen precedente. e) A la par de todo ello se puede apreciar que las propiedades distintas de los suelos se ven alteradas de manera positiva, esto se debe a que las formaciones de NaCl interactúan de manera directa con las propiedades del terreno, lo cual genera que su grado de humedad incremente. Esta intervención del Cloruro sódico también altera positivamente la humectación de la zona de estudio, motivo por el cual se disminuye de sobremanera el rozamiento entre las partículas del mismo. f) La durabilidad que puede apreciarse en una muestra de terreno denota un aumento en el aspecto de compactación del mismo, pese a ello la resistencia denota ligeros incrementos en arena sobre todo, debido a ello es que se dispone que para material arenoso el porcentaje del compuesto químico debe ser inferior al dos por ciento.

Núñez Enoc, Xavier (2016) en su tesis titulada “Análisis de la estabilización del material de cantera Km 02+700 de la ruta Cúcuta adicionando estabilizante iónico” de la Universidad Andina de Colombia, cuya finalidad fue hallar el nivel de cambio que había entre el grado de soporte admisible y el aspecto económico que generaba el material de la cantera mencionada líneas arriba adicionando estabilizante iónico (CON-AID), su metodología fue experimental y se pudo concluir que a) Tratar de no emplear en todo lo que se pueda el NaCl sobre todo en muestras de material que den cuenta de lo especial del mismo, tampoco en zonas con ubicación evidente de aguas del subsuelo, b) Se debe de distribuir adecuadamente el NaCl según la cantidad de muestras que se tienen y estas

proporciones calculadas deben ser exactas ya que se busca que los resultados sean los más óptimos en el tratamiento de las muestras. Es justamente por ello que no se debe de proporcionar el aditivo en función a la cantidad de líquido que se va a añadir, ya que se pueden alterar los resultados, terminando éstos de manera errónea. c) El solo hecho de añadir NaCl es un indicador que se está empleando uno de los tipos de soluciones alternativas, ya que este compuesto es utilizado para disminuir que las muestras de terreno se evaporten ya que se caracteriza por generar una película protectora en el nivel inicial, lo cual aunque parezca simple, colabora en gran medida en retener la humedad, lo cual a su vez le añade una mejor estabilización al suelo. d) Las muestras de suelo tienden a generar mayor tiempo al momento de evaporarse cuando se tiene al aditivo incorporado en él, en caso de no tenerlo, este tiempo se verá mermado

### **1.3. Teorías relacionadas al Tema.**

#### **1.3.1. Suelos.**

Este material, ha sido por mucho el material que más se ha utilizado en la industria de la construcción y carreteras a lo largo de los años, esto puede ser fácilmente comprobado al contemplar en algunas culturas tan antiguas como los romanos o los chinos quienes en todas su obras de infraestructura requirieron del buen uso de este material. Para nuestra carrera, el suelo representa el soporte principal sobre el que se realizarán las diversas obras de infraestructura, llámense estas obras viales, edificaciones o estructuras especiales, motivo por el cual el ingeniero debe tener conocimiento tanto de sus propiedades como sus características. Al conocer a fondo este material es indispensable también conocer los tipos de suelo que existen en nuestro país, ya que al poseer una diversidad de climas también posee una diversidad de suelos, los cuales se pueden ver muy ligados a los mencionados en primer lugar (Moreno, 2018, p.108).

##### **1.3.1.1. Tipos de Suelos en el Perú.**

Se tienen muchas tipologías para los terrenos de muestra. Para el país se tiende a emplear las regiones Geoedáficas, las cuales se aprecian en seguida.

**Por estructura:****Suelos arenosos:**

Son aquellos suelos que no pueden retener líquidos y al poseer escasa materia orgánica, su uso en actividades agrícolas es muy bajo (Cabildo, 2008, p.20)

**Suelos calizos:**

Son aquellos suelos, que al igual que los arenosos, son secos y áridos, por lo cual su uso en actividades agrícolas es muy reducido. (Cabildo, 2008, p.20)

**Suelos húmíferos (tierra negra):**

Este tipo de suelo, muy por el contrario de los dos anteriores ejemplos, tiene abundante materia orgánica oscura, y al captar los líquidos muy bien son ideales para actividades agrícolas (Cabildo, 2008, p.20).

**Suelos arcillosos:**

Este tipo de suelo está compuesto de una granulometría muy fina y al igual que los húmíferos son muy buenos para captar líquidos, esta vez formando empozamientos pequeños, si se modifican adecuadamente pueden tener potencial agrícola (Cabildo, 2008, p.20).

**Suelos pedregosos:**

Los suelos pedregosos están compuestos por rocas, por lo tanto no captan líquidos y son pésimos para actividades agrícolas (Cabildo, 2008, p.20).

**Suelos mixtos:**

Estos suelos poseen la particularidad de tener propiedades arenosas y arcillosas a la vez. (Cabildo, 2008, p.21)

**Por características físicas****Región yermosólica:**

Esta región se caracteriza por tener suelos extremadamente arenosos propios de las grandes zonas desérticas de la costa, sin embargo en otras zonas de la misma región también se pueden encontrar otros tipos de suelo como los Fluvisoles, los cuales son característicos por su gran afinidad para la agricultura debido a ciertos minerales en su composición. En las zonas desérticas abundan los regosoles, un tipo de suelo especialmente arenoso. Las parte altas predominan en su gran mayoría los litosoles, que se caracterizan por tener cantidades muy altas de grava en su composición. También cabe mencionar que en la zona norte de la costa del Perú predominan los suelos con alto contenido de arcilla, así como también en la costa sur predominan los suelos volcánicos (Castells, 2012, p. 21)



Figura 1. Suelo de la Región Yermosólica. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/porta/objetivos/43-sector-agrario/suelo/330-clasificación>

### **Región litosólica:**

El tipo de suelo litosólico, se encuentra conformado por áreas que se ubican normalmente a zonas con mucha altura con respecto al nivel del mar, por lo cual poseen un pendiente muy pronunciada.

En este tipo de suelo se puede encontrar una gran cantidad de grava de pequeño y gran tamaño. Debajo de estos suelos por lo general se pueden hallar regosoles, los cuales se caracterizan por su arenosidad, así como también yermosoles, los cuales tienden a poseer una composición muy árida (Castells, 2012, p. 21).





Figura 2. Suelo de la Región Litosólica. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/43-sector-agrario/suelo/330-clasificacion>

### **Región paramosólica o andosólica:**

Esta región se encuentra en lo más alto de la geografía del país, bordeando alturas de 5000 metros, lo cual hace suponer el relieve de dicha zona como glacial.

En esta zona se puede encontrar un tipo de suelo con alto potencial agrícola como los Paramosoles, así como también los litosoles que ya fueron descritos líneas arriba por su gran contenido de rocas, y un tipo de suelo arcilloso denominado Chernozems.

La agricultura es muy limitada en esta zona debido a las bajas temperaturas que bordean lo glacial, dedicándose principalmente a la ganadería, sin embargo en zonas aledañas a algunas lagunas se puede encontrar un tipo de suelo denominado Histosoles, los cuales poseen un alto potencial agrícola (Castells, 2012, p. 21).

### **Región kastanosólica:**

Esta zona se encuentra ubicada en alturas que promedian los 3000 msnm.

Dentro de la misma se pueden encontrar una diversidad de suelos, entre los que resaltan unos suelos rojizos denominados Kastanozems cálcicos y sus similares los lúvicos, los cuales tienen mucha similitud, sin embargo, estos últimos poseen propiedades más arcillosas.

En esta zona especialmente en las partes ubicadas en lagos y mesetas se pueden encontrar planosoles y gleisoles, los cuales se caracterizan por su retención de líquidos. En las zonas

más altas se pueden apreciar suelos con abundancia de rocas.

Esta zona desde hace mucho tiempo es altamente utilizada para actividades de carácter agrícola, por lo cual es muy productiva y abastece de alimento a las demás (Castells, 2012, p. 21).



Figura 3. Suelo de la Región Kastanosólica. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/porta/objetivos/43-sector-agrario/suelo/330-clasificacion>

#### **Región líto-cambisólica:**

Esta región comprende la zona correspondiente a los 3000 msnm de la selva alta, comprende un gran área de ladera de los andes. El suelo en esta zona tiene a ser paupérrimo, debido a la alta incidencia de precipitaciones en la zona, así como también al constante proceso de erosión de la misma, poseen un tipo de suelo denominado cambisoles los cuales poseen un tono claro (Castells, 2012, p. 21).

#### **Región acrisólica:**

Esta región se encuentra aproximadamente a 1300 msnm. De la selva alta, posee cierta vegetación en su relieve accidentado. Predominan los suelos de tipo litosólico y cambisólico, pero con mayor hundimiento.

En general el tipo de suelo que predomina tiende a poseer alta profundidad y buena salida

de líquidos, sin llegar a retenerlos en ningún momento. Por otro lado los suelos arcillosos son los que predominan en la zona baja de la selva.

Asimismo en las zonas compuestas por valles, el tipo de suelo predominante es el arcilloso pero con gran capacidad expansiva, los cuales reciben el nombre de Vertisoles (Castells, 2012, p. 22).



Figura 4. Suelo de la Región Acrisólica. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/objetivos/43-sector-agrario/suelo/330-clasificacion>

### **Región acrisólica ondulada:**

Esta región se ubica a alturas mucho menores que las demás bordeando los quinientos metros, está ubicada en el área correspondiente a la selva baja.

En esta región se puede apreciar una gran cantidad de suelos con un potencial agrícola casi nulo a nulo debido al gran contenido de ácidos, los cuales además según el nivel de retención de líquidos que posean pueden subdividirse en fluvisoles o en gleisoles.

Por lo general las características edafológicas del suelo correspondiente a esta zona suelen ser muy malas y, en aras de dar una solución a dicho problema se suelen plantear algunas propuestas, siendo una de ellas el quitar el suelo existente en la zona y reemplazarlo con otro tipo de suelo con un nivel más óptimo y la otra consiste en tratar de nivelar el suelo existente en la zona buscando que éste pueda obtener las características y propiedades adecuadas.

Para conseguir lo planteado en la segunda propuesta es que se pueden utilizar los aditivos, uno de ellos es el propuesto en este proyecto, el cual ha conseguido renombre no solo a nivel nacional, sino que por su alta efectividad también a nivel internacional, generando las mejores críticas (Castells, 2012, p. 22).

### **1.3.2. Estabilidad de Suelos.**

Se le denomina de esta manera al procedimiento por el que los suelos son manipulados o empleados de tal manera que se pueda lograr el máximo resultado de sus propiedades, llegando a tener un afirmado de gran equilibrio, el cual pueda sobrellevar los daños que puedan ocasionar en gran medida el tránsito de vehículos y las cargas climatológicas.

En otras palabras, lo que se trata de lograr con este tipo de procesos es otorgarle al suelo una mayor cohesión entre sus partículas, o reducir alguna propiedad negativa de este; para ello se pueden utilizar los métodos que se describen a continuación (Castells, 2012, p. 22).

- **Estabilización Física:**

Método utilizado con la finalidad de estabilizar el terreno por medio de alteraciones físicas, dentro de este método se pueden encontrar otros sub métodos: (Castells, 2012, p. 22).

- a) **Mezclas de Suelos:**

La mezcla de suelos es un sub método derivado de la estabilización física, sin embargo en ocasiones no se logra llegar al objetivo deseado, por lo cual requiere que el suelo pueda compactarse para poder lograrlo.

Se podría tomar como referencia los suelos con una granulometría gruesa, los cuales son capaces por sí solos de sobrellevar cargas muy elevadas, sin embargo esto no quiere decir que tenga la estabilidad adecuada en el caso de querer tomarse como afirmado de una vía, ya que las partículas que lo componen no se encuentran necesariamente con el grado de unión necesaria para ello, pudiendo fallar en el caso del tránsito de los autos y camiones los

cuales lograrían desgastarla a tal punto que pueda incluso desprenderse de la vía. Por otro lado el suelo arcilloso que posee un alto porcentaje de unión entre sus componentes tiene el inconveniente de casi no tener rozamiento (Sanchez, 2012, p.25)

Según el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013, p.113) menciona que, “La estabilización por Combinación de Suelos considera la combinación o mezcla de los materiales de suelo existente con materiales de préstamo”.

**b) Geosintéticos**

También se pueden utilizar un material sintético muy conocido como es el Geotextil o los geosintéticos.

Según el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013, p.124) “Los geosintéticos le proporcionan una mejor resistencia a la tracción y Aumenta la capacidad portante de los pavimentos en contraste con los suelos”.

c) Se pueden utilizar métodos como la vibro compactación

d) Y también se puede consolidar previamente el terreno a mejorar.

• **Estabilización Química:**

Este método hace hincapié en la manipulación de compuestos químicos, los cuales se concentran en alterar su estructura molecular, generando modificaciones en el suelo tratado con dicho procedimiento (Sanchez, 2012, p.25).

**a) Cal**

Este material cuenta con la particularidad de reducir el índice de plasticidad y ser de un costo bajo.

Según Angulo y Rojas (2016, p.16) Menciona que “[La Estabilización del suelo] se genera por medio de la aleación del terreno de estudio, sal y líquido, luego se llega a una solidez cuando este material se une con líquidos. Al humectarse, el material en mención brinda una variación permanente del material.

**b) Cemento Portland**

Este material posee la particularidad de incrementar la firmeza del suelo, es utilizado comúnmente para material arenoso (Sanchez, 2012, p.25)

**c) Productos Asfálticos**

Es una mezcla utilizada comúnmente en roca molida sin unión en sus partículas.

Según el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2013, p.124), el objetivo de utilizar esta forma de estabilización es:

“Un incremento de la estabilidad por las características aglomerantes del ligante, ya que estos envuelven al suelo, también consigue que el suelo se encuentre impermeabilizado, logrando que presente mayor rechazo a la humedad y logra ser más estable a las situaciones adversas”.

**d) Cloruro de Sodio**

Este material puede reducir y proteger del agua las partículas del suelo (Sanchez, 2012, p.25)

**e) Cloruro de Calcio**

Este material puede reducir y proteger del agua las partículas del suelo incluyendo arcillas. (Sanchez, 2012, p.25)

**f) Escorias de Fundición:**

Material comúnmente usado en asfalto para otorgarle mayor firmeza y protegerla del agua así como también extender su durabilidad (Sanchez, 2012, p.26).

**g) Polímeros:**

Material comúnmente usado en asfalto para otorgarle mayor firmeza y protegerla del agua, así como también para extender su durabilidad (Sanchez, 2012, p.26).

**h) Hule de Neumáticos:**

Material comúnmente usado en asfalto para otorgarle mayor firmeza y protegerla del agua. (Sanchez, 2012, p.26).

**• Estabilización Mecánica:**

Método por el cual se puede estabilizar el suelo sin la aplicación de productos químicos que alteren sus propiedades. (Sanchez, 2012, p.26).

- **Compactación:**

Método que se aplica normalmente a la base, sub base así como al asfalto. (Sanchez, 2012, p.26).

### **1.3.3. Aditivos.**

Estos elementos son productos utilizados en pequeñas cantidades que se incorporan al concreto o asfalto mientras se está en la fase de mezclado o preparado, esta dosificación puede variar de cero hasta cinco por ciento, dependiendo del resultado que se requiera, la finalidad de dicho proceso es la de lograr que el comportamiento del material que se está modificando sea más trabajable.

Esto puede dejar de lado a otros productos como los de origen puzolánico o productos metálicos como las fibras. En estos días los aditivos han tomado un rol protagónico en la construcción de las diversas obras de infraestructura llegando a ser considerados por muchos conocedores del tema como un material indispensable para la realización de una obra (Salcedo, 2016, p.32).

La Norma ASTM y el ACI describen a este material como un elemento con propiedades muy diferentes a los que poseen los compuestos de la mezcla de concreto o asfáltica, el cual de ser utilizado en las proporciones adecuadas brinda unas características al producto final que no se podrían lograr fácilmente con algún otro proceso, y he ahí la relevancia que los aditivos han adquirido en el sector ingenieril.

Como bien se mencionaba líneas arriba, los aditivos han pasado a formar parte del rubro de las vías de transporte, centrándose principalmente en la optimización de las propiedades del suelo, los cuales se pueden definir como la unión de sus partículas, etc. Pero también en el pavimento asfáltico optimizando sus características (Castells, 2012, p.31).

La utilización de este material se encuentra supeditado a:

- a) El logro del objetivo que se había planteado sin la necesidad de alterar la dosis de alguno de los materiales.
- b) La obtención solo de efectos positivos en las propiedades de los compuestos en los que será utilizado.

c) La rentabilidad que se pueda obtener gracias a la utilización de éste.

**Clasificación:**

Ya que sus resultados son diversos, es muy difícil poder clasificar los aditivos, esto también se debe a que uno solo de estos puede alterar distintas propiedades de las mezclas en las que fue utilizado

La ASTM C494 los agrupa de la siguiente manera.

- a) Aditivo A: Tiene por particularidad disminuir la cantidad de líquidos
- b) Aditivo B: Tiene por particularidad retrasar la fragua.
- c) Aditivo C: Tiene por particularidad aumentar la velocidad de la fragua.
- d) Aditivo D: Tiene por particularidad disminuir el agua que ralentiza la fragua
- e) Aditivo E: Tiene por particularidad disminuir el agua que acelera la fragua
- f) Aditivo F: Tiene por particularidad disminuir el agua en gran medida.
- g) Aditivo G: Tiene por particularidad disminuir en gran medida el agua que ralentiza la fragua.

El ACI también los reagrupa:

Esta clasificación se da en gran medida a las partes que componen la totalidad del aditivo, o a las consecuencias provenientes de su utilización.

- a) Los que aceleran los procesos de fraguado.
- b) Los que reducen la cantidad de líquidos y moderan la fragua.
- c) Los que se incorporan en inyecciones.
- d) Los que adicionan aire.
- e) Los que reducen aire.
- f) Los que crean gases.
- g) Los que tienen propiedades de ampliación.
- h) Los que se conforman por material mineral.
- i) Los que no permiten el paso del agua y reducen el paso del mismo.
- j) Los que reaccionan al ser mezclados con un catalizador.
- k) Los que poseen componentes químicos que disminuyen la ampliación. También se les conoce como los que evitan el deterioro.



l) Los que evitan la aparición de agentes externos como animales o bichos.

m) Los que por medio de procesos químicos facilitan el filtrado del agua.

n) Los que segregan sustancias pigmentosas.

Las normativas europeas, especialmente hablando de Francia logran proponer un listado en el cual los reagrupa de la siguiente manera:

a) Los que modifican las características de las mezclas:

- Los que disminuyen la cantidad de líquidos.

- Los que agregan aire.

- Los que están compuestos por minerales.

- Los que mantienen la estabilidad.

b) Los que alteran el proceso de fragua.

- Los que incrementan la velocidad del proceso de fragua.

- Los que reducen el tiempo y velocidad de la fragua.

c) Los que cambian las propiedades del aire.

- Los que adicionan aire.

- Los que previenen la formación de espuma.

- Los que crean gases.

- Los que crean espuma.

d) Los que cambian la firmeza de los materiales a ciertas acciones.

- Los que adicionan aire.

- Los que previenen el congelamiento.

- Los que impiden el paso del agua.

e) Los que mezclan diversas características.

- Los que unen las partículas de sustancias.

- Los que poseen cualidades de diversas características.

- Pigmentos.

- Los que crean espuma.

Otros materiales muy utilizados para la unión de las partículas del suelo se pueden encontrar también en.

- Cemento
- Cal
- Cenizas
- Asfalto
- Polímeros

#### **1.3.4. CON- AID(CBR PLUS)**

Este aditivo fue creado con el fin especial de lograr la optimización de las propiedades del suelo en la elaboración de complejos viales, tanto en caminos que se encuentren asfaltados como en caminos que no lo estén. Tiene un alcance muy amplio y comprende principalmente los suelos con cierto porcentaje de arcillas sea este alto o bajo

Si el porcentaje de arcillas es alto, entonces modificará las propiedades fundamentales colmando de agua sus partículas además de mejorar su comportamiento mecánico, por otro lado si el porcentaje de arcillas es bajo, mejorará el compactado además de aumentar su capacidad portante (Castells, 2012, p.33).

La optimización de las vías utilizando este aditivo genera la posibilidad del paso permanente de medios de transporte aunque el clima esté en contra, y además cambia el acabado visual de las vías no pavimentadas, acrecentando el nivel de vida de las personas con un presupuesto reducido y obteniendo un alto índice en cuanto a durabilidad.

La superficie estabilizada se verá seca en solo un par de horas después del riego.

Es un producto no tóxico ni contaminante, por ello no daña la vegetación ni es peligroso para la manipulación por parte del personal ni agresivo con los equipos a utilizar (Castells, 2012, p.34).

A todo esto, el aditivo CON-AID trae consigo muchas características positivas para la población y la empresa que lo utiliza, los cuales serán detallados a continuación.

Especificaciones del Aditivo.

- Aniónico activo (%)= 23 como mínimo.
- Contenido de Sólidos (%)= 23 como mínimo (Secado a 110°C máximo)

- PH= 0.85+/-0.15 (No corrosivo a dilución de trabajo).
- Viscosidad cPs= 600+/- 100 (a 25°C).
- Peso Específico a 25°C=1.01+/-0.015
- Reducción LL e IP (al mantener cte. LP) = Mín. 10%.
- Reducción hinchamiento: Mínimo 70%
- Aumento de Valor de Soporte: Mínimo 80%
- Dosificación = Mín. 20c.c./ m3 de suelo – Máx. 50 cc./m3 de suelo.
- Totalmente dispersable en agua
- No inflamable
- No corrosivo
- No peligroso.
- No tóxico (Certificación INTI)
- Totalmente benigno para el usuario y el medio ambiente.

#### **1.3.4.1.Rendimiento Económico:**

- La vía puede ser utilizada de manera continua a lo largo de los años, además disminuye el presupuesto al reducir el proceso de compactado y reducir los elementos a utilizar (Gutierrez, 2010, p.75)
- Disminuye de sobre manera los gastos destinados para conservación de la vía (Gutierrez, 2010, p.75)
- En el caso de tratarse de una vía sin pavimentar, se puede realizar dicho proceso más delante de ser requerido (Gutierrez, 2010, p.75).

#### **1.3.4.2. Rendimiento Técnico:**

- Disminución del grado de plasticidad (Gutierrez, 2010, p.76).
- Incremento de la consistencia seca mayor (Gutierrez, 2010, p.76).
- Incremento del valor de oposición a la compresión (Gutierrez, 2010, p.76).
- Reducción del grado de ensanchamiento (Gutierrez, 2010, p.76).

- Disminución del grado de polvillo (Gutierrez, 2010, p.76).

#### **1.3.4.3. Rendimientos adicionales:**

- La obra se mantiene totalmente impermeabilizada con respecto a precipitaciones (Gutierrez, 2010, p.76).
- El recipiente de cien litros del presente aditivo puede abastecer aproximadamente a quince mil metros cuadrados (con una anchura de quince centímetros) (Gutierrez, 2010, p.76)
- Incrementa de sobre manera las capacidades impermeables de la vía.

#### **1.3.4.4. Usos del CON-AID:**

- Afianzamiento de las vías rurales. (Choque, 2012, p.28)
- Se logra el afianzamiento de los suelos en sus diversas capas para pavimentos. (Choque, 2012, p.28)
- Restauración de carpetas asfálticas con deficiencias estructurales. (Choque, 2012, p.28)
- Aparcamiento de automóviles (Choque, 2012, p.28)
- Material de relleno. (Choque, 2012, p.28)
- Vías para aviones y avionetas. (Choque, 2012, p.28)
- Márgenes reservados a un lado y otro de la calzada para uso de peatones (Choque, 2012, p.28)
- Vías para facilitar la extracción de materiales en grandes industrias. (Choque, 2012, p.28)

#### **1.3.4.5. Dosificación Adecuada del Estabilizador CON-AID CBR Plus.**

El estabilizador químico de partículas de suelos CON – AID CBR Plus posee la siguiente dosificación. Dilución: Preparación.

1° Medir 100 ml de CON-AID y colocar en un vaso de 1000 ml.

2° Adicionar de 600 a 700 ml de agua destilada.

3° Agitar bien la mezcla (Con baqueta).

4° Trasladar la mezcla a una fiola de 1000 ml

5° Enrasar con agua destilada a 1000 ml

Tabla 01. Cuadro de Dosificación:

N°	Dosificación (Kg/m <sup>3</sup> )	Dosificación (ml/Kg)	Volumen (6kg)	Dosificación soluc. Diluida (1:10)	Cantidad de Muestras	Volumen por Corrida
1	0.5	0.25	1.50	15.0	6	90
2	1.0	0.51	3.06	30.6	6	183.6
3	1.5	0.76	4.56	45.6	6	273.6
4	2	1.02	6.12	61.2	6	367.2
					Total	950.4

Fuente: Elaboración Propia.

#### 1.3.4.6. Aclimatación adecuada del Aditivo CON-AID CBR Plus.

Este sub ítem se encuentra principalmente fundamentado en que el aditivo puede resistir los embates climatológicos sin mayores preocupaciones, esto se basa en los anteriores proyectos que han requerido de este aditivo, los cuales se ubican por lo general en zonas muy cálidas, tales como Colombia, o muy frías, como la parte sur de Argentina.

Según la ficha técnica referida por el propio Con-Aid CBR Plus, creador y distribuidor del aditivo mostrado en el presente proyecto de Tesis, y al ser corroborado ya que ha sido utilizado en zonas de friaje como el sur de Argentina, y en zonas más cálidas como Colombia, se puede afirmar que el aditivo CON-AID CBR Plus no ve alterada sus propiedades por el factor climático.

### 1.3.5. Pavimento Flexible

Se le denomina de esta manera a aquel que se encuentra conformado por un revestimiento asfáltico, lo que quiere decir que este elemento emplea una aleación de finos con grava, el cual se fusiona con sustancias que se ablandan con el calor, las cuales se consiguen gracias al asfalto.

La aleación resultante tiene un elevado porcentaje de compactación sin embargo aún conserva ciertas propiedades que le dan las facultades de aguantar un flujo vehicular continuo y de carga pesada (Salcedo, 2016, p.41)

La realización de este tipo de pavimentación se fundamenta en base a ciertas divisiones de material. Cada una de estas recibe una cierta cantidad de fuerza proveniente del flujo vehicular constante, la finalidad de este método constructivo de vías es aguantar el peso en conjunto con todas las divisiones para poder realizar una mejor distribución de fuerzas.

En este tipo de pavimentación las cargas se han distribuido proporcionalmente a su ubicación en el terreno; lo cual quiere decir que las partes que estén más expuestas a la superficie son las que más peso deberán aguantar y de las que menos peso aguantarán resalta especialmente la base. Se estima que la vida de una pavimentación de este tipo dure aproximadamente veinte años de utilidad. (Salcedo, 2016, p.41)

Este tipo de pavimentación estará conformado de manera primordial por una sub base, una base y una carpeta asfáltica. (Salcedo, 2016, p.41)

La primera parte, que se encuentra más expuesta y permanentemente asediada por el tránsito vehicular se le denomina superficial, asimismo también existen capas que se ubican por debajo de las primeras, las cuales son la base y sub base, la primera de ellas está normalmente constituida por agregados además que puede ser afirmada para el beneficio de la obra. Por otro lado aunque en ciertas ocasiones, algunos optan por omitir la sub base.

Estas dos sub divisiones que se mencionaron a continuación tienen orígenes en materiales rocosos, los cuales son especialmente elegidos de modo tal que permita que el paso de los vehículos se expanda por toda la pavimentación, lo cual generaría que las partes de dicha pavimentación se desgasten de manera progresiva y proporcional tal y como se debía tener previsto en los diseños. (Salcedo, 2016, p.42) Algunas ventajas del pavimento flexible

- Mejor paso del agua sin necesidad de retención de líquidos, estas mezclas de asfalto poseen unas texturas especiales en la superficie, lo cual le permite reducir el grado de elevación de los líquidos. (Salcedo, 2016, p.42)
- El grado de comodidad que se puede llegar a sentir en las personas que se encuentran en un automóvil es mayor en este tipo de pavimentación que en otros tipos, ya que la composición de los elementos que la conforman están organizados según las partes que fueron mencionadas anteriormente (Salcedo, 2016, p.42)
- Algunas desventajas del pavimento flexible
- La duración de este tipo de pavimentación es menor que las demás.
- Si se realiza un cuadro comparativo entre este y la pavimentación con concreto, la asfáltica termina costando mayor conforme a una baja proyección de tiempo. (Salcedo, 2016, p.42)
- Solo puede ser utilizada por diez años.
- A menudo se suelen formar baches y fallas, los cuales pueden ocasionar serios deterioros de los autos o camiones. (Salcedo, 2016, p.42)
- Se puede dañar con sus propios componentes.
- Todos los cambios que le ocurren alteran su nivel de confort. Y en zonas cálidas su nivel de firmeza se ve mermado. (Salcedo, 2016, p.42)
- Necesita de mejores cuidados en los procesos ya que tiene una mayor cantidad de partes en las que se divide. (Salcedo, 2016, p.42)
- Como toda vía necesita mantenimiento, sin embargo, ésta vía requiere que se realicen bloqueos a la misma, lo cual deviene en pérdidas de dinero.
- Al tener un porcentaje de líquidos en su haber, este pierde sus propiedades.
- Tonos grisáceo y negro, por lo que requiere de costos adicionales.
- Puede retener líquidos. Puesto que alguna de sus divisiones se caracterizan por ello, es de suma importancia el contar con una ruta de evacuación de los líquidos.  
(Salcedo, 2016, p.42)
  - Ante precipitaciones y climas extremos se tiende a disminuir su composición.
  - El grado de seguridad durante la conducción nocturna es mucho menor ya que se tiene mucho menos visibilidad. (Salcedo, 2016, p.42)

- Cambios bruscos en el nivel de carga de soporte puede generar severas complicaciones, no solo a nivel de carpeta asfáltica, sino también al mismo suelo. (Salcedo, 2016, p.42)

#### **1.3.5.1. Sub-rasante:**

Esta subdivisión es la de mayor profundidad de todas, y es en la cual descansa el peso de todas las demás divisiones (Reyes, 2015, p.33)

#### **1.3.5.2. Sub-rasante mejorada o modificada:**

En ciertas ocasiones, especialmente si se tiene algún problema con la capacidad de recepción de cargas del suelo o del asfalto, se vuelve imperativo la adición de un agente externo, el cual puede ser una geomembrana, geotextil, etc. A fin de suplir las carencias de este. (Reyes, 2015, p.33)

#### **1.3.5.3. Sub-base:**

Es la división inmediata superior en orden descendiente a la sub rasante, la cual tiene como función el simplificar la extracción de líquidos y soportar el peso de las dos divisiones que aún restan. Aquí se tiene que una cierta parte de las cargas se desvanece, a su vez se dice que puede adaptarse a ciertas alteraciones que pueda sufrir la sub rasante y en parte hasta llegar a reemplazar una porción de la base; aun así se suele excluir en ciertas ocasiones en las obras, además que resulta algo más beneficioso para la empresa constructora (Reyes, 2015, p.33)

#### **1.3.5.4. Base:**

Es la división inmediata superior en orden descendiente a la sub base, además de estar conformado por materiales técnicamente superiores a los utilizados en las otras divisiones. El cuidado especial y su relevancia se deben a que sirve de blindaje a las demás divisiones.



A ello se añade que, con esta división ya se puede dar paso al libre tránsito de los autos y camiones, hasta que la carpeta asfáltica quede lista. Dato a tener en cuenta es que esta división es irremplazable ya que concentra las cargas desvaneciéndolas. (Reyes, 2015, p.33)

#### **1.3.5.5. Capa de rodadura:**

Es la división superficial de la pavimentación, en la cual se desarrolla por completo el tránsito de vehículos. Es fundamental que tenga una consistencia fuerte con respecto al peso que pudieran generar los vehículos en ella, así como también resistencia frente a los impactos climatológicos. Se encarga del cuidado de las demás divisiones evitando el paso de agentes líquidos, además debe de ser lisa y rugosa a la vez, la primera debido a que los vehículos deben pasarla con suma comodidad, y la segunda porque al circular vehículos, ésta debe poseer cierto coeficiente de rugosidad que permita a los autos o camiones poder moverse sin ningún inconveniente. (Reyes, 2015, p.33)

#### **1.3.5.6. Resistencia del Suelo**

Para medir la solidez portante que puede tener un terreno y además calcular el nivel técnico que puede llegar a tener el mismo, con respecto al proceso constructivo, se va a hacer uso del CBR, mismo CBR que cuenta con una amplia variedad de clases, los cuales se miden según el tipo de utilidad que se les dé.

- CBR suelos inalterados.
- CBR suelos remoldeados.
- CBR suelos gravosos y arenosos.
- CBR suelos cohesivos poco o nada plásticos.
- CBR suelos cohesivos plásticos.

El ensayo mencionado líneas arriba se trata de comprimir una muestra de suelo en formas regularizadas, hundirlas en líquidos y machacar la zona superficial de la muestra con un pistón, el cual también está regularizado por normativa.

Se rige por la norma ASTM 1883 o por la norma UNE 105 502 entre otras.

El procedimiento para realizar el ensayo de CBR consiste en determinar la carga que hay que aplicar a un pistón circular de 19,35 cm<sup>2</sup> para introducirlo en una muestra de suelo a una velocidad de 1,27 mm/min y hasta obtener una penetración de 2,54 mm.

A través de este procedimiento se determina lo que se llama el Índice CBR que es la relación entre la carga determinada y la que se obtiene por el mismo procedimiento para una muestra tipo de roca machacada. Se expresa en porcentaje.

El procedimiento de ejecución de la prueba CBR consta de los siguientes pasos:

1. Determinación de la humedad óptima y densidad máxima de las muestras de suelo mediante el ensayo Proctor.
2. Añadir agua a una muestra de suelo para alcanzar la humedad óptima.
3. Compactar la muestra en tres moldes CBR estandarizados de 15,24 cm de diámetro y 17,78 cm de altura. La muestra se compacta en 3 capas por molde siendo la energía de compactación de cada molde de 15, 30 o 60 golpes por capa mediante una maza de 2,5 kg que se deja caer libremente desde una altura de 305 mm.
4. Posteriormente se enraza el molde, se desmonta y se vuelve a montar invertido.
5. Se sumergen los moldes en agua (en algunas modalidades de ensayo no se sumerge la muestra).
6. Colocación de la placa perforada y el vástago así como los pesos necesarios para calcular la sobrecarga calculada.
7. Colocar el trípode de medida sobre el borde del molde, coincidiendo el vástago del microcomparador.
8. Toma de medidas diarias del microcomparador durante al menos 4 días.
9. Sacar la muestra del agua, escurrir y secar exteriormente.
10. Aplicar la carga sobre el pistón de penetración mediante la **prensa CBR** y tomar las lecturas de la curva presión penetración.

11. Una vez finalizado el ensayo se debe presentar los resultados en una gráfica densidad seca – índice CBR similar a la mostrada a continuación. También conviene mostrar los datos de compactación, humedad, densidad, hinchamiento y absorción.

#### **1.3.5.7. Compactación del Suelo Estabilizado**

La compactación de un suelo produce un incremento en la densidad del material y con ello tres beneficios importantes:

- Reducción de la compresibilidad
- Incremento de la resistencia al corte
- Disminución de la permeabilidad

De este modo, la **compactación de suelos** es uno de los métodos más utilizados para mejorar las propiedades de un suelo y por ello es primordial conocer sus características de compactación y puesta en obra.

Los ensayos de compactación **Proctor Normal** y **Proctor Modificado** son dos de los ensayos más utilizados en el estudio de compactación de suelos para la construcción de terraplenes y otras obras de tierra. Se rigen por las normas UNE o ASTM y son imprescindibles para caracterizar la puesta en obra de un material.

- **Proctor normal** ASTM D-698 o UNE 103-500-94
- **Proctor modificado** ASTM D-1557 o UNE 103-501-94

Complementariamente, en el estudio de reutilización de suelos y su posible idoneidad para la compactación, se utiliza el **ensayo CBR, granulometrías, límites de Atterberg**, ensayos de colapso e hinchamiento libre entre otros ensayos de laboratorio de suelos.

El ensayo de Proctor se clasifica en dos, Proctor Estándar y Proctor Modificado, a continuación, se procederá a detallar cada una de ellas.

#### **1.3.5.7.1. Proctor Estándar**

El ensayo Proctor estándar persigue determinar la densidad seca máxima de un suelo y la humedad óptima necesaria para alcanzar esta densidad. Para ello se utiliza un molde cilíndrico de 1 litro de capacidad que se rellena con 3 capas de material debidamente compactadas mediante una maza estandarizada de 2,5 kg que se deja caer libremente una altura de 305 mm.

El material a ensayar previamente se ha desecado y tamizado por el tamiz 20 mm UNE o el correspondiente ASTM y posteriormente humedecido con distintos valores de humedad, una por cada muestra necesaria.

Para la compactación de cada capa de material se emplean 26 golpes de la maza distribuidos homogéneamente sobre la superficie del terreno. Las tres capas deben tener aproximadamente la misma altura de tierras.

Una vez compactado el material, se enraza el molde y se mide la densidad y humedad de una muestra tomada del centro del molde.

Se repite el proceso varias veces con distintos contenidos de humedad. La prueba de compactación Proctor Normal puede darse por finalizada cuando se obtienen 5 o 6 puntos que definen una curva que relaciona la densidad seca con la humedad.

#### **1.3.5.7.2. Proctor Modificado**

La prueba Proctor modificada es similar a la estándar pero modificando tanto la capacidad del molde como la energía de compactación. En este caso se emplea un molde cilíndrico de 2.320 cm<sup>3</sup> de capacidad y una maza de 4,535 kg que se deja caer desde una altura de 457 mm.

En lugar de 3 capas, se compactan 5 capas de material dando 25 golpes por cada capa.

Igualmente se realizan varias medidas de humedad y densidad del interior del molde con distintos grados de humedad para trazar la curva Proctor y de este modo dar por concluida la prueba Proctor.

Este ensayo requiere una energía de compactación mayor que el ensayo Proctor Normal y recrea, por tanto, unos medios de compactación más potentes y enérgicos. El acta del ensayo Proctor debe proporcionar la densidad máxima seca así como la humedad óptima y lo que es más importante la curva humedad – densidad seca con los valores de todos los puntos ensayados.

Como datos complementarios debe proporcionar los datos específicos del molde, características de la maza, número de capas, y golpes por capa.

La curva densidad seca – humedad permite determinar las condiciones óptimas de compactación

#### **1.3.5.8. Grado de Hinchamiento (Expansión)**

Son expansivos, los terrenos de estudio que tienden a hincharse o hundirse, dicho en otras palabras cambia su forma volumétrica según el grado de líquidos que se halle en su interior. Los suelos de tipo arcilloso tienden a concentrar grandes cantidades de líquidos en su interior, lo cual no es nada favorable ya que estos materiales al generar hinchazón por medio de la retención, alteran su composición física, y esta vuelve a disminuir de manera abrupta cuando los líquidos se retiran.

Este tipo de terrenos siempre generan inconvenientes para el proceso constructivo debido a que sus variaciones volumétricas son demasiado aleatorias y tienden a deteriorar las estructuras dañándolas severamente.

Existen diversos motivos para la generación de este tipo de suelos, sin embargo uno de los principales es el hecho del clima mismo, el cual afecta directamente las propiedades del mismo. Si bien es cierto el clima afecta a las reacciones del suelo, cabe señalar específicamente que las precipitaciones y sobre todo las napas freáticas son los pilares en cuanto a la formación de este tipo de suelos se refiere.

#### **1.3.5.9. Grado de Absorción.**

La proliferación de líquidos para el terreno es de una labor crucial, ya que colabora en el

desarrollo natural de la vegetación. Cumple la función de guiar el alimento del que se nutren dichas plantas, lo cual es crucial para la edafogénesis, lo cual es requisito para el adecuado desarrollo de los terrenos.

#### **1.4. Formulación del Problema**

La base de la problemática en el presente trabajo se cimienta en lo mencionado anteriormente en la realidad problemática, ya que es necesario para un buen progreso en la construcción de una carretera, la estabilidad y cohesión del suelo en donde se realizará la misma.

Asimismo se le debe dar la atención adecuada a la estabilidad de cada una de las capas que componen el suelo, llámense éstas, base, sub base e incluir a ellas la carpeta asfáltica.

Por ello, la relevancia del aditivo estudiado en el presente trabajo, ya que éste, se utiliza con la finalidad de proporcionar la estabilidad y propiedades necesarias para un óptimo desempeño del suelo en el momento de la construcción de una carretera con pavimentación flexible.

##### **1.4.1. Problema General**

¿Qué relación tiene la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus con el mejoramiento de las propiedades de la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno?

##### **1.4.2. Problemas Específicos**

PE1: ¿Cuál es la influencia de la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus sobre el grado de hinchamiento del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno?

PE2: ¿Cómo influye la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus sobre la compactación del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 -

263+000. Departamento de Puno?

PE3: ¿Cómo influye la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus en el grado de absorción del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno?

## **1.5. Justificación**

Este trabajo de tesis se ha elaborado a fin de que se pueda verificar e incentivar, de ser el caso el aditivo CON-AID CBR Plus en la estabilización y cohesión del terreno al construir una carretera, dicho aditivo cuenta con una serie de beneficios tales como la reducción del índice plástico, el aumento la densidad seca máxima, reducción del hinchamiento, y del desprendimiento de polvo, así como también que el material no se ve afectado ante la presencia de precipitaciones durante la construcción de la carretera, sin contar con que en el caso de ser vías no pavimentadas el acabado final con CON-AID CBR Plus es de una apariencia sumamente satisfactoria, y los resultados obtenidos con él son permanentes.

## **1.6. Hipótesis**

La importancia de la hipótesis en el presente proyecto de investigación radica en que se planea plasmar la solución al problema planteado.

La relevancia que adquiere la hipótesis se debe principalmente a que esta tiene como función implícita el dirigir hacia donde se desea llegar con una investigación, además de crear parámetros en la misma, lo cual es fundamental al momento de buscar la solución a los problemas planteados en dicha investigación.

### **1.6.1. Hipótesis General**

La aplicación del aditivo CON- AID CBR Plus mejora las propiedades del suelo para

la base de pavimento flexible en la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.

### **1.6.2. Hipótesis Específicas**

El uso del aditivo CON-AID CBR Plus influye en el grado de hinchamiento del suelo para la base de pavimento flexible en la carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.

La aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus influye en la compactación del suelo para la base de pavimento flexible en la carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.

La aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus influye en el grado de absorción del suelo para la base de pavimento flexible en la carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.

### **1.7. Objetivos.**

Los objetivos elegidos para el presente proyecto de investigación deben ser claros y entendibles, así como informar a quien lo lea acerca del trabajo.

#### **1.7.1. Objetivo General**

Evaluar la incidencia de la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus en la optimización de las características del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km



210+750 - 263+000. Departamento de Puno.

### **1.7.2. Objetivos Específicos.**

Evaluar el grado de influencia que tiene la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus sobre el grado de hinchamiento del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.

Evaluar el grado de influencia que tiene la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus sobre la compactación del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.

Evaluar el grado de influencia que tiene la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus en el grado de absorción del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.

## **II. MÉTODO**

## **II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN:**

### **2.1. Tipología de Diseño de la Investigación.**

Este concepto es muy importante para poder diferir en qué tipo de investigación se va a enfocar los trabajos que realicemos, al respecto Carrasco (2009, p.38) expresa lo siguiente.

“ [Existen dos] tipos de investigación: Investigación Básica, [la cual] busca ampliar y profundizar el caudal de conocimientos científicos existentes acerca de la realidad e Investigación Aplicada, [para la cual] es muy importante contar con el aporte de las teorías científicas, que son producidas por la investigación básica.”

Según la cita, se puede diferir en que hay una clase de investigación para cada nivel al cual se esté dirigido académicamente hablando.

Tomando como referencia lo antes mencionado, el trabajo de tesis presentado aquí es de diseño **cuasi experimental**, tipo aplicada con un enfoque cuantitativo ya que se va a manipular la variable independiente para establecer el posible efecto de la causa que se deriva.

### **2.2. Nivel de Investigación.**

“[...] La investigación descriptiva reseña las características de un fenómeno existente. (Salkind, 1999, p. 11).”

Esta investigación inicia siendo Descriptiva sin embargo luego pasa a ser explicativa ya que se procede a detallar los procedimientos que se realizan al incorporar el aditivo CON-AID CBR Plus a la base del terreno.

### **2.3. Variables y Definición Operacional:**

[...] Una variable es un símbolo de un rasgo distinto o de una propiedad del objeto de la investigación que por lo menos tiene dos valores antagónicos que se excluyen recíprocamente. En el caso más sencillo – cuando se trata de una medición normal, los valores

son: existe – no existe o pertenece – no pertenece, en el caso más favorable se pueden medir los valores numéricos por medio de intervalos constantes (Heinemann, 2003, p. 26).

En el trabajo de investigación aquí presente se cuenta con dos variables, una de ellas dependiente y la otra independiente.

### **2.3.1. Variable Independiente.**

Adela Del Carpio define que

Explica, condiciona, o determina el cambio en los valores de la variable dependiente, además actúa como factor condicionante de la variable dependiente, y se utilizan para describir o medir los factores que se supone son la causa o influyen en el problema (2010, p.6).

Se podría definir o denotar a la variable dependiente como aquella que se supedita a la independiente; lo que quiere decir que una influye directamente sobre la otra. Para el presente trabajo de investigación la variable independiente sería la aplicación del Aditivo CON-AID CBR Plus.

### **2.3.2. Variable Dependiente**

Adela Del Carpio (2010, p.6) define que “Es el fenómeno o situación explicada, es la variable que es afectada por la presencia o acción de la variable independiente. Se llama también de efecto o acción condicionada y es utilizada para describir o medir el problema estudiado”.

Lo que quiere decir que la variable dependiente va a depender de la variable independiente para completar su significancia. Para el presente trabajo de investigación la variable dependiente es el mejoramiento de la base del suelo.

### **2.3.3. Operacionalización de las Variables**

Aquí se debe generar las dimensiones e indicadores de las respectivas variables, las cuales se simbolizan por medio de tablas

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Incorporación de CON-AID CBR Plus.	<p>Según la CON-AID Argentina menciona que:</p> <p>Este aditivo fue creado con el fin especial de lograr la optimización de las propiedades del suelo en la elaboración de complejos viales. Tiene un alcance muy amplio y comprende principalmente los suelos con cierto porcentaje de arcillas sea este alto o bajo</p> <p>Si el porcentaje de arcillas es alto, entonces modificará las propiedades fundamentales colmando de agua sus partículas y mejorará su comportamiento mecánico, por otro lado si el porcentaje de arcillas es bajo, mejorará el compactado además de aumentar su capacidad portante.</p>	<p>Para comprender la variable 1 se segregan los diversos componentes como dimensiones de la Incorporación de CON-AID CBR Plus.</p>	<p>Dosificación adecuada del Estabilizador CON-AID CBR Plus</p>	<p>Estudios de dosificación del aditivo CON-AID CBR Plus</p>	<p>Formato de laboratorio MTC</p>
			<p>Incorporación adecuada del aditivo CON-AID CBR Plus</p>	<p>Mayor cohesión entre las partículas de la base de la carretera en estudio.</p>	<p>Formato de laboratorio MTC</p>
			<p>Aclimatación adecuada del aditivo CON-AID CBR Plus</p>	<p>Se determinará por medio de estudios en los que se aprecie la reacción del material en contacto con el estabilizador en climas extremos</p>	<p>Formato de laboratorio MTC</p>

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Propiedades mecánicas del Suelo	La optimización de la base de los suelos es primordial para la mejor calidad de una carretera, ya que ambas se encuentran estrechamente ligadas por el bien de la misma.	Para la comprensión de la variable 2, se puede calcular a través de sus dimensiones tales como el espesor de mejoramiento, la compactación del suelo estabilizado y la deformación vertical del suelo.	Grado de hinchamiento	Porcentaje de Expansión	Ensayo de CBR
			Compactación del suelo	Máxima densidad seca	Ensayo de CBR
				Humedad optima	
Grado de Absorción del suelo	Porcentaje de Absorción	Ensayo de CBR			

#### **2.4. Población**

“Se conoce como tal a una agrupación a menudo pequeña de actividades en común, para ciertos trabajos de investigación, las conclusiones se darán en base a ellos, ” (Arias, 2012, p.81)

En el proyecto de tesis que se adjunta, esta definición se encuentra denotada por la misma carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. En el tramo Km 210+750 - 263+000.

#### **2.5. Muestra**

“Se trata de una agrupación correspondiente a una fracción limitada de la definición dada líneas arriba” (Arias, 2012, p. 82)

Se refiere a una porción separada de la población, elegida específicamente para una investigación. Esta investigación presenta como muestra la población La base de la carretera Juliaca – Límite Bolivia tramo Km 210+750 - 263+000, en la progresiva Km 220+000

#### **2.6. Muestreo**

En el trabajo de tesis presentado aquí, se ha utilizado el tipo no probabilístico intencional. Con respecto a ello, Arias (2012, p. 82) menciona que sobre lo que respecta a este tipo de muestreo, en el mismo se eligen los componentes según diversos aspectos tales como el propio sentido común de quien realiza la investigación”.



### **III. RESULTADOS**

Las muestras de material tuvieron un peso final de 182 kg, los cuales se usaron en su totalidad para lograr los resultados de esta tesis.

Para el acopio de material se excavó una calicata, la cual tenía las dimensiones de 1.00 m x 1.00 m de largo y ancho, así como también de 1.50 m de profundidad. Todo ello referenciado por la Norma del MTC de acopio de material.

1. Se procedió a la recolección de material natural de la zona de estudio, se eligió puntualmente la zona de Sandia



Figura 5. Excavación de la Calicata. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6. Se procedió a identificar la calicata como C1. Fuente: Elaboración Propia

Luego de recolectado el material, se procedió con el transporte hacia el laboratorio de Suelos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, las muestras llegaron al laboratorio en mención el 15 de Septiembre, momento en el cual se procedió con los preparativos para comenzar con los ensayos respectivos.



Figura 7. Acopio de material. Fuente: Elaboración Propia

Se optó por iniciar primero, con la preparación del aditivo CON –AID, el cual ya había sido obtenido previamente, para ello se procedió a elaborar el aditivo en el área de Química del Laboratorio de Suelos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### 3.1. Dosificación adecuada del aditivo.

Para la correcta medición del aditivo CON-AID con cantidades más precisas, se hará una dilución 1:10 con agua destilada.

Dilución: Preparación.

1° Medir 100 ml de CON-AID y colocar en un vaso de 1000 ml.

2° Adicionar de 600 a 700 ml de agua destilada.

3° Agitar bien la mezcla (Con baqueta).

4° Trasladar la mezcla a una fiola de 1000 ml

5° Enrasar con agua destilada a 1000 ml

Tabla 02. Volumen de Aditivo.

N°	Dosificación (Kg/m <sup>3</sup> )	Dosificación (ml/Kg)	Volumen (6kg)	Dosificación soluc. Diluida (1:10)	Cantidad de Muestras	Volumen por Corrida
1	0.5	0.25	1.50	15.0	6	90
2	1.0	0.51	3.06	30.6	6	183.6
3	1.5	0.76	4.56	45.6	6	273.6
4	2	1.02	6.12	61.2	6	367.2
					Total	950.4

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 8. El aditivo y las probetas.

Fuente: Elaboración Propia

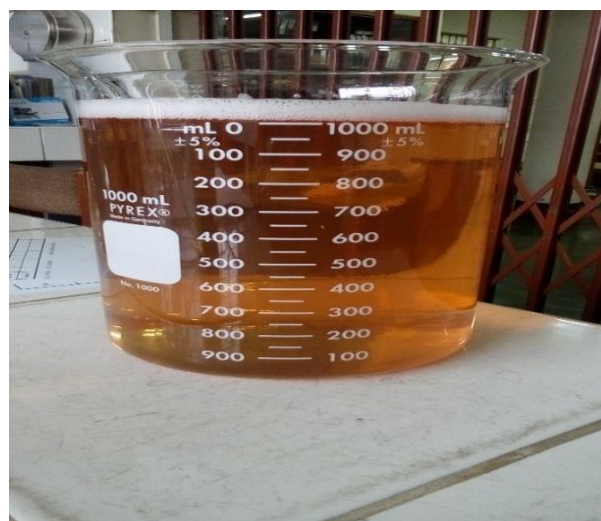


Figura 9. Aditivo mezclado

con agua destilada. Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. Ensayos de Granulometría.

Según los formatos adjuntados aquí y los cálculos realizados, se concluye que según la clasificación SUCS se tiene un tipo de suelo CL.

Según los formatos adjuntados aquí y los cálculos realizados, se concluye que según la clasificación AASHTO se tiene un tipo de suelo A-6.



Figura 10. Se procedió a lavar el material para el análisis granulométrico.  
Fuente: Elaboración Propia

### **INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:**

Los ensayos de granulometría realizados en el Laboratorio de Suelos del ministerio de Transportes y Comunicaciones dieron los siguientes resultados.

Al ser un suelo de tipo arcilloso estaba compuesto en su mayoría por finos, los cuales comenzaron a generar retenido recién desde la malla N° 6, el cual fue de 8.4 g.

Luego de realizado el ensayo granulométrico, se procedió con la clasificación del suelo según las normativas SUCS y AASHTO.

Según la normativa SUCS el tipo de Suelo es un CL, lo cual guarda relación con la realidad, ya que el tipo de suelo que se recolectó es de tipo arcilloso.

Según la normativa AASHTO el tipo de Suelo es un A-6, lo cual también guarda relación con la realidad, ya que este tipo de clasificación es la que corresponde a materiales de tipo Arcilloso.

Cabe resaltar que el Aditivo elegido para la presente tesis, tenía como particularidad el hecho de que explotaba el máximo de sus cualidades al estar imbuido en suelo de tipo Arcilloso, el cual era predominante en la zona de estudio.

Tabla 03. Clasificación de Suelos.

CLASIFICACIÓN SEGÚN SUCS	CL
CLASIFICACIÓN SEGÚN AASHTO	A-6

Fuente. Elaboración Propia.





Figura 11: Se procedió a pesar el material para el análisis granulométrico.  
Fuente Elaboración Propia



Figura 12: Mallas para el análisis granulométrico.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3. Límite Líquido.

#### Interpretación de Resultados

Según los ensayos realizados y luego de tamizado el material por todas las mallas, se procedió con el cálculo de los Límites de Atterberg, iniciando con el Límite Líquido, para ello se tuvo que utilizar la Copa de Casagrande y el horno, luego de utilizar la copa de Casagrande, se obtuvo como promedio de humedad de los cuatro tarros el valor de 34, siendo este, el resultado obtenido del Límite Líquido.

Tabla 04. Límite Líquido

N° de Tarro	II	A6	I2	CD-1
P. Tarro + Suelo Húmedo	25.99	26.10	29.77	25.01
P. Tarro + Suelo Seco	22.33	22.49	25.26	21.75
Agua	3.66	3.61	4.51	3.26
Peso Tarro	11.86	11.95	11.78	11.81
Suelo Seco	10.47	10.54	13.48	9.94
% Humedad	34.96	34.25	33.46	32.80
N° de Golpes	16	22	26	32

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 13: Se coloca y enrasa el material en la copa de Casagrande.

Fuente: Elaboración Propia.





Figura 14: El material se divide en 2 para la obtención del LL.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4. Límite Plástico e Índice de Plasticidad.

#### Interpretación de Resultados.

Según los ensayos realizados llámese a estos, granulometría y Límite Líquido y prosiguiendo con los límites de Atterberg, se procedió con la realización del Límite Plástico y el Índice de plasticidad.

Para ello se procedió a formar hilos de material, los cuales al llegar a cierto diámetro se proceden a quebrar resultando ser el peso de este material el límite plástico.

Para la presente Tesis el límite plástico dio un resultado de 21.

Ya con los datos del Límite líquido y límite plástico se procedió a calcular el Índice de Plasticidad (IP), el cual no es más que la resta de ambos límites, por lo tanto este nos dio un resultado de 13.

Tabla 05. Límite Plástico.

N° de Tarro	3
P. Tarro + Suelo Húmedo	18.38
P. Tarro + Suelo Seco	16.89
Agua	1.49
Peso Tarro	9.7
Suelo Seco	7.19
% Humedad	20.72

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 06. Índice de Plasticidad.

LÍMITE LÍQUIDO	34
LÍMITE PLÁSTICO	21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	13

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 15: Obtención del Límite plástico.

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.5. Peso Específico

El ensayo de peso específico se realizó con la finalidad de obtener la absorción del agregado fino que presentaba la muestra.

Utilizando la máquina extractora de vacíos se obtuvo que el peso específico tiene un valor de 2.73, tal como se muestra en la tabla 07. Adjunta.

Tabla 07. Peso Específico.

N° DE ENSAYO	1
PESO FIOLA (CALIBRADA)	660
PESO FIOLA + PESO MATERIAL	960.2
PESO FIOLA + AGUA + MATERIAL SSS	854.1
VOLUMEN DE LA MASA + VOLUMEN DE VACÍOS	106.1
PESO DE MATERIAL SECO	290
PESO ESPECÍFICO BULK (BASE SECA)	2.7332705

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 16: Máquina de vacíos requerida para la extracción de vacíos.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 17: Probeta utilizada en la extracción de Vacíos para el peso Específico.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 3.6. Ensayo de Proctor con terreno natural.

Según el ensayo de Proctor realizado al terreno natural:

- La humedad inicial promedio tiene un valor del 4.2 %.
- La máxima densidad seca tiene un valor de 1.966 g/cm<sup>3</sup>.
- El óptimo contenido de humedad es del 11.8%
- La cantidad de agua a agregar es de 440 cm<sup>3</sup>.

Tabla 08. Proctor con terreno natural.

HUMEDAD INICIAL PROMEDIO	4.2 %
MÁXIMA DENSIDAD SECA	1.966 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	11.8 %
CANTIDAD DE AGUA A AGREGAR	440 cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 18: Vaciado del material para la compactación.  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 19: El material se tamiza para evitar los grumos.  
Fuente: Elaboración Propia.





Figura 20: Procedimientos para el proctor.  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 21: Con el pisón se procede a dar los golpes al material.  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 22: El material es enrasado. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 23: El material se retira con el extractor de muestras. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 24: Acopio de datos para el proctor. Fuente: Elaboración Propia

### 3.7. Ensayo de CBR con terreno natural.

El ensayo de CBR se aplicó al terreno natural para conocer la capacidad de soporte del suelo en su estado base, a su vez de poder hacer la comparativa de como el aditivo CON-AID CBR Plus al ser añadido altera las propiedades del suelo mejorando en gran medida la resistencia y el soporte del terreno natural.



Figura 25: Ensayo de CBR con terreno natural a medio ambiente. Fuente: Elaboración Propia



Figura 26: Ensayo de CBR con terreno natural sumergido. Fuente: Elaboración Propia



### 3.8. Elaboración de Probetas con Terreno Natural.

Para la elaboración de Probetas se procedió con la muestra a terreno natural sin aditivo y la incorporación de aditivo en las dosificaciones de 0.5%, 1%, 1.5% y 2%.



Figura 27: Mezcla del material con el aditivo para la elaboración de probetas. Fuente: Elaboración Propia



Figura 28: Aditivo CON-AID CBR Plus. Fuente: Elaboración Propia



Figura 29: Material con el aditivo incorporado. Fuente: Elaboración Propia

### 3.9. Elaboración de Probetas con dosificaciones de Aditivo CON-AID.

Según fórmula:  $((Wd-Wi)/(100+Wi)) \times Vol. Muestra$

$$((11.8-4.2)/104.2) \times 1500 = 114.0$$

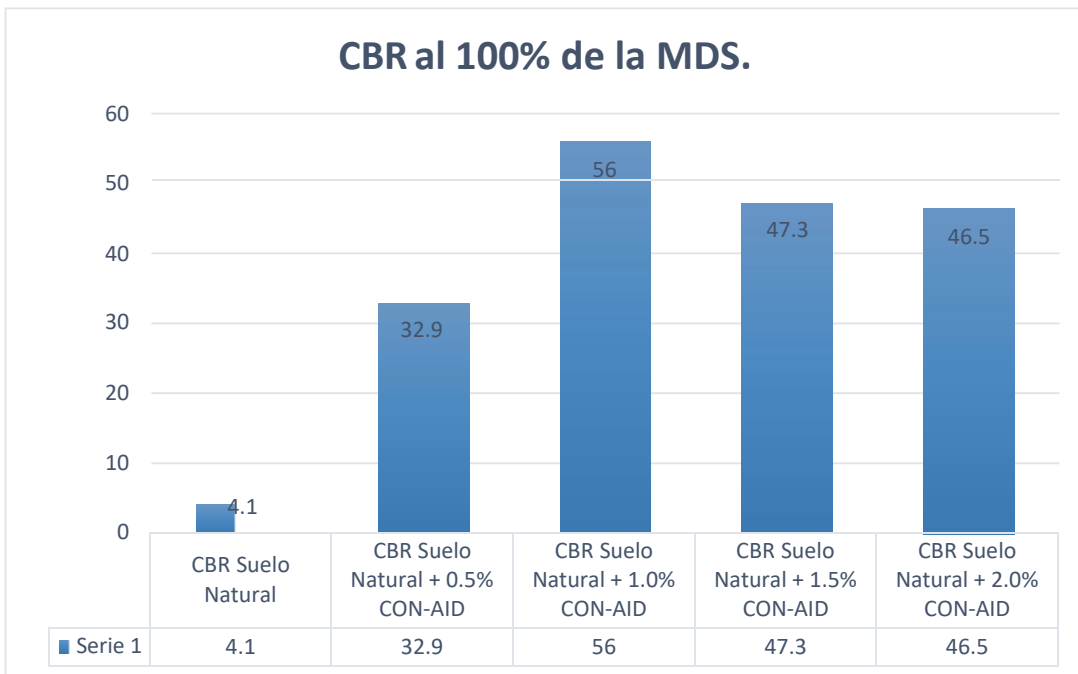
Luego:

- Para 0.5% de aditivo corresponde 23 cc de aditivo.  
Lo cual dejaría unas proporciones de  $114-23= 91$  H<sub>2</sub>O  
23 Aditivo
- Para 1% de aditivo corresponde 46 cc de aditivo  
Las proporciones serían 68 H<sub>2</sub>O y 46 Aditivo
- Para 1.5% de aditivo corresponde 68 de aditivo  
Las proporciones serían 46 H<sub>2</sub>O y 68 de aditivo
- Para 2% de aditivo corresponde 92 de aditivo  
Las proporciones serían 22 H<sub>2</sub>O y 92 de aditivo

Luego de realizadas todas las pruebas se procedió a verificar los resultados obtenidos de los CBR y a realizar una prueba con probetas al natural y sumergidas a medio ambiente, para corroborar la veracidad de las afirmaciones brindadas por la distribuidora.

- Los resultados de los CBR realizados al material en su estado natural y con las dosificaciones de +0.5%, +1.0%, +1.5% y +2.0% de aditivo CON-AID se pueden apreciar en el siguiente gráfico.

Tabla 09. Resultados de CBR.



Fuente: Elaboración Propia.

- Como se puede apreciar en los resultados del CBR, el aditivo cumple la función de incrementar el índice del mismo, sin embargo esto se cumple hasta llegar al +1.0% de dosificación, por lo cual se podría afirmar que esta es la dosis idónea a agregar a material arcilloso.

Como se había mencionado líneas arriba, también se probó con la formación de Probetas del material, las cuales debían ser sumergidas para probar si, en efecto el material podía trabajar con estas condiciones; también se hicieron probetas a medio ambiente.



Figura 30: Las probetas a medio ambiente resultaron satisfactorias.

Fuente: Elaboración Propia

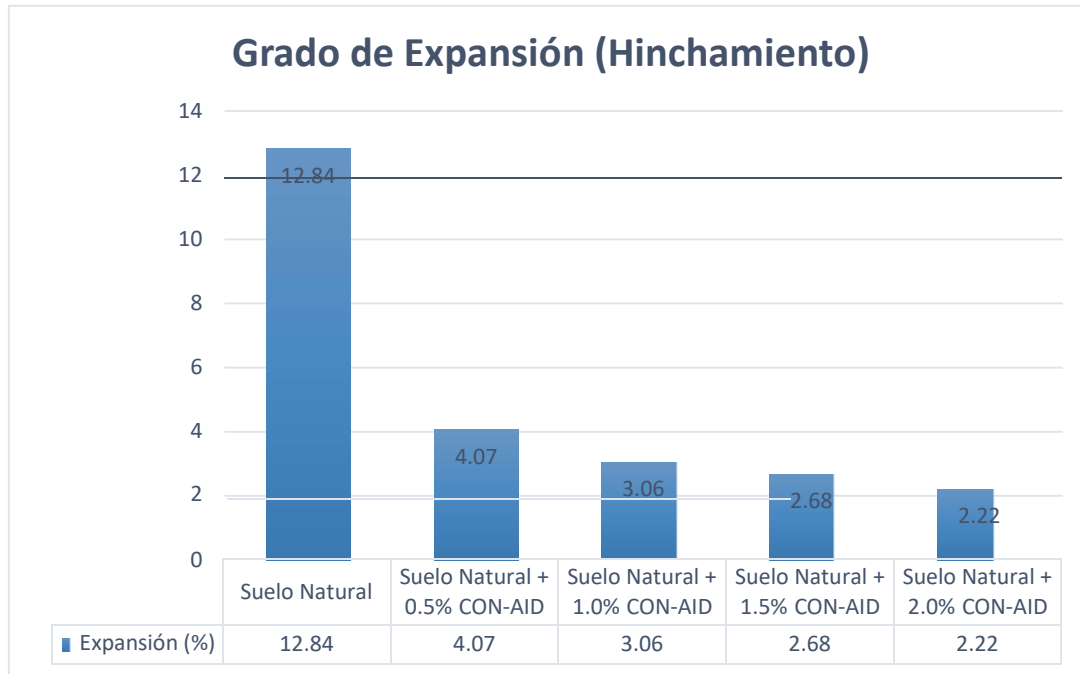


Figura 31: Probetas al natural. Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo las probetas curadas 7 días a medio ambiente + 4 días en agua tuvieron otros resultados, como se va a apreciar a continuación.

Asimismo los resultados del grado de expansión se podían presentar a continuación.

Tabla 10. Grado de Expansión del suelo



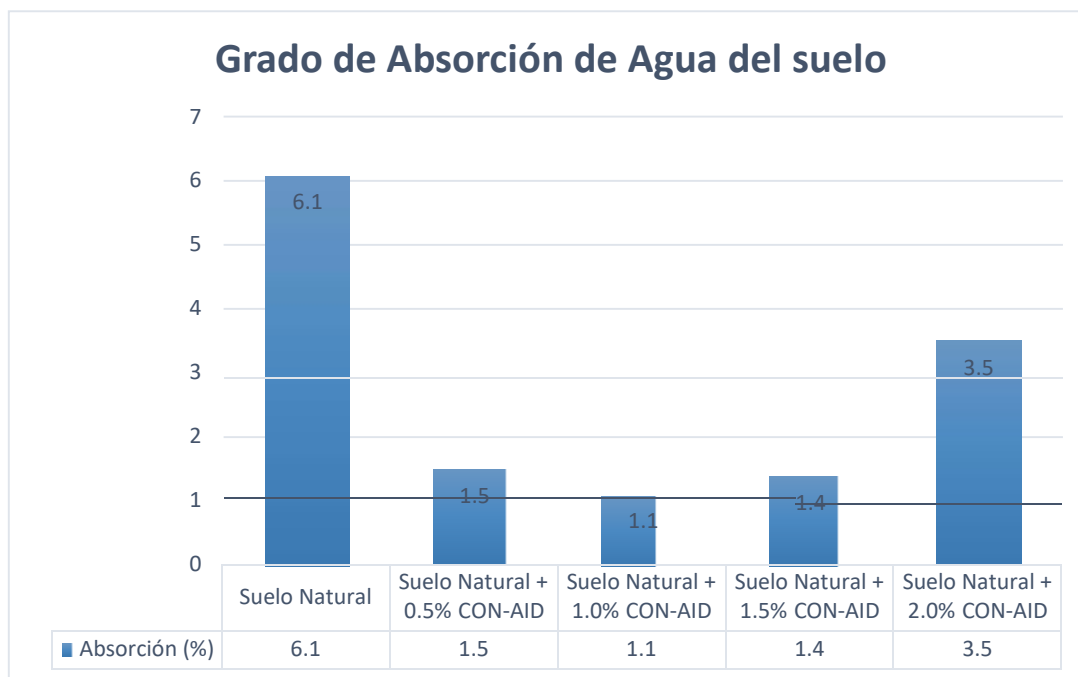
Fuente: Elaboración Propia.

**Interpretación:**

Los resultados de la medición de la expansión muestran una mejora evidente en el grado de hinchamiento de la muestra de suelo, lo cual quiere decir que el suelo en un principio al ser de tipo arcilloso tiende a generar una expansión alta, sin embargo al adicionarse el aditivo en la primera dosis (+0.5%) ya puede notarse una gran mejoría, las siguientes dosificaciones (+1.0%, +1.5%, +2.0%) siguen disminuyendo el nivel de expansión del suelo.

Esto es beneficioso para el material, ya que la expansión conlleva un gran inconveniente al momento de realizar obras de construcción y/o carreteras debido a que el suelo tiende a hincharse o inflarse de manera irregular.

Tabla 11. Grado de Absorción de Agua del Suelo.



Fuente: Elaboración Propia.

#### Interpretación.

El grado de Absorción de Agua del suelo en estado natural es de 6.1 %, lo que quiere decir que absorbe mucha cantidad de agua, lo cual y más aún al ser un terreno arcilloso, es perjudicial, ya que al tener un porcentaje de absorción alto, este se relaciona directamente con la expansión, provocando el hinchamiento del terreno, este resultado sin embargo es revertido al adicionarse la dosificación adecuada del aditivo CON-AID, pero llegando al óptimo en la dosis de +1.0%.

Las dosificaciones superiores tienden a elevar el porcentaje de absorción de manera ligera, así que se recomienda emplear la dosificación de +1.0%, que es en la que se producen los mejores resultados.





Figura 32: Probeta del suelo natural. Fuente: Elaboración Propia

La probeta de suelo natural se deshizo a solo minutos de haber sido sumergida, casos similares ocurrieron con las demás probetas con cierto porcentaje de aditivo.



Figura 33: Probeta de suelo Natural + 0.5% de CON-AID. Fuente: Elaboración Propia

Las probetas con cierto porcentaje de aditivo si bien no colapsaron de inmediato y hasta conservaban una forma correcta, colapsaron apenas se les retiró del agua, por lo cual se puede diferir que este aditivo no brinda resultados muy satisfactorios al ser sometido a grandes descargas de agua.



Figura 34: Probeta de suelo Natural + 1.0% de CON-AID. Fuente: Elaboración Propia



Figura 35: Probeta de suelo Natural + 1.5% de CON-AID. Fuente: Elaboración Propia





Figura 36: Probeta de suelo Natural + 2.0% de CON-AID. Fuente: Elaboración Propia

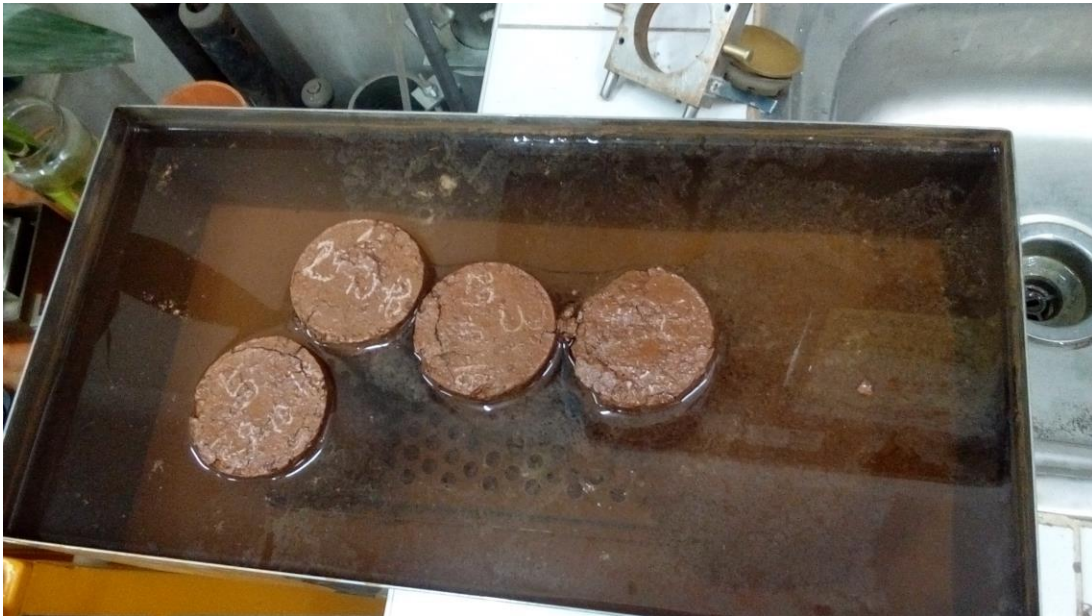


Figura 37: Todas las probetas sumergidas en agua. Fuente: Elaboración Propia

## **IV. DISCUSIÓN**

## DISCUSIÓN N° 01

Según Bada Alayo, Delva en su tesis titulada “Aplicación del Aditivo Químico Conaid para Atenuar la Plasticidad del Material Granular del Tramo de la Carretera Tauca – Bambas (km73 + 514 – km132 + 537) de la Ruta Nacional pe – 3na” Universidad Privada Antenor Orrego, confirma un aumento en los resultados de las pruebas de CBR lo cual guarda similitudes con los ensayos realizados para la presente tesis, ya que el CBR también se vio aumentado, por lo que el soporte del suelo mejoró notablemente.

## DISCUSIÓN N° 02

Gutiérrez Montes, Carlos Alberto (2015) en su tesis titulada “Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del Cloruro de Magnesio (Bishofita) frente al Cloruro de Calcio” Universidad Ricardo Palma pudo demostrar la importancia en el aspecto económico de las carreteras que habían sido tratadas con aditivos, lo cual también se puede reflejar en la presente tesis, ya que estabilizar con aditivo CON-AID CBR Plus generó un ahorro significativo del presupuesto final del proyecto.

## DISCUSIÓN N° 03

La Rosa Orbezo, Nohelia Thais (2015) en su tesis titulada “Apkicación del Aditivo QUIM KD-40 para estabilizar suelos en caminos no pavimentados” Universidad Nacional de Ingeniería pudo comprobar que El ensayo CBR de Arena mal gradada con limo y/o arcilla aumentó su resistencia en un 27% con la proporción del 2% del peso de suelo seco, lo que se puede confirmar con la presente tesis, ya que para una cantidad determinada de aditivo se pudo verificar que el valor de la resistencia también se vio incrementado.

#### DISCUSIÓN N° 04

Valle Arias, Wilfredo (2017) en su tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos plásticos con Mineralizadores en ambientes sulfatados o Yesíferos” de la Universidad Politécnica de Madrid pudo demostrar que por medio de la utilización de aditivos en suelos de tipo arcilloso se logra mejorar significativamente la resistencia y a la vez reducir la plasticidad, en la presente tesis se puede corroborar lo afirmado por Valle, demostrando que los aditivos tienen una gran importancia en la estabilización de suelos, principalmente siendo estos de carácter arcilloso.

#### DISCUSIÓN N° 05

Roldán de Paz, Jairon (2016) en su tesis titulada “Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio (NaCl) para Base y Subbase” de la Universidad de San Carlos de Guatemala, pudo corroborar que los aditivos necesitan tener una proporción adecuada acorde a la cantidad de terreno disponible, hecho que se puede confirmar en la presente tesis, ya que se tuvo que dosificar ciertos porcentajes de aditivo diluido en agua generando una proporción.

## **V. CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES:

- Se logró demostrar el objetivo general “La aplicación del aditivo CON- AID CBR Plus mejora las propiedades del suelo para la base de pavimento flexible en la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno”, ya que al adicionar el aditivo CON-AID en el suelo natural, se logró demostrar una mejoría notoria en el índice de CBR.
- Se logró demostrar el objetivo específico “La aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus influye en la compactación del suelo estabilizado para la base de pavimento flexible en la carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.
- Se pudo concluir por medio de la experimentación que la dosificación ideal del aditivo CON-AID CBR Plus para suelos arcillosos es de 1.0%, ya que en esta dosis, el terreno demostró tener un grado de compactación máximo, el cual se vio mermado al subir a 1.5% y 2.0% respectivamente.
- Se pudo concluir que al adicionar el aditivo CON-AID CBR Plus, el grado de compactación y soporte del suelo se vio incrementado, motivo por el cual se ahorraría mucho tiempo en la compactación.
- Se logró demostrar que el aditivo funciona expresamente con materiales de tipo arcilloso/limoso ya que al realizar una pequeña muestra con otro tipo de material, la compactación y el soporte no tuvieron el mismo éxito.
- El aditivo fue probado por medio de probetas al ser sumergido al agua, no mostrándose resultados favorables.

## **VI. RECOMENDACIONES**

### **RECOMENDACIÓN N°1.**

Realizar un análisis químico y mineralógico del aditivo iónico CON-AID, para poder analizar las reacciones que podría causar si se quisiera estabilizar un suelo mezclándolo con cemento, cal y/o otros aditivos.

### **RECOMENDACIÓN N°2.**

Se recomienda utilizar el material de la zona de Sandia adicionando aditivo iónico CON-AID para uso en base, sub base, etc.

### **RECOMENDACIÓN N°3.**

Para tener adecuados resultados en estabilización de los suelos con aditivo iónico CON-AID, se recomienda respetar los plazos de curado, recomendando como mínimo 4 días.

### **RECOMENDACIÓN N°4.**

Que las mediciones, en especial los pesos de los materiales sean los más precisos y exactos posibles, ya que la cantidad de aditivo CON-AID sugerida en la presente investigación representa un porcentaje del contenido de humedad del material.

### **RECOMENDACIÓN N°5.**

Se recomienda la dosificación de 0.5% y 1.0% ya que el máximo índice de CBR se consiguió en estas dosis de CON-AID CBR Plus.



## **II. REFERENCIAS**

- AYERVE, Jesús. Factores que afectan el comportamiento de los pavimentos [En línea]. Perú (2014) [Fecha de Consulta: 20 de Mayo del 2018].  
Disponible en:  
<https://es.slideshare.net/jesusayervetuiro/clase-5-678-factoresafectancomport-pavimentos>
- BADA, Delva. Aplicación del aditivo químico con aid para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera tauca – bambas (km 73+514 – km 132+537) de la ruta nacional pe – 3na. universidad privada Antenor Orrego. Tesis para obtener el grado de maestro en transportes y conservación vial, Universidad Privada Antenor Orrego2016
- BALVIN, Félix. Evaluación del estado actual del pavimento flexible ubicado en el distrito de Ayacucho provincia de huamanga departamento de Ayacucho, Tesis (Bachiller en Ingeniería civil). Lima: Universidad Católica los Ángeles de Chimbote (ULADECH), 2013.
- CABILDO, María, CLAREMUNT, Rosa, ESTEBAN, Soledad. Reciclado y Tratamiento de residuos. Editorial uned, Madrid. 2008.
- CALDERÓN, Marco. Mejoramiento de la superficie de rodadura a nivel de afirmado mediante el uso de cloruro de magnesio como mejorador de la capacidad de soporte. Tesis para optar por el título de ingeniero civil, Universidad Alas Peruanas, 2017.
- CASTELLS, Xavier. Energía, Agua, Medio Ambiente. territorialidad y sostenibilidad, Toronto, Canadá, 2012.
- CASTELLS, Xavier. Reciclaje de Residuos Sólidos Industriales: Residuos Sólidos Urbanos y Fangos de Depuradora. 2da ed. Toronto, Canadá, 2012.
- CHOQUE, Héctor. Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas. Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.

- DE NAVACERRADA, Gonzalo. Firmes de Carreteras y Autopistas. Madrid, España, 1970.
  
- Estabilización de Suelos [En línea]. Perú. 2012 [Fecha de Consulta: 01 de Junio del 2018].  
 Disponible en:  
<http://www.erosion.com.co/obras-de-tierra/66-estabilizacion-de-suelos.html>
  
- FERNANDES DEL CAMPO, José. Pavimentos bituminosos en frío, Madrid, 1983.
  
- GUTIERREZ, Carlos. Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio. Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil, Perú, Universidad Ricardo Palma, 2010.
  
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 6.ª ed. Ciudad de México: Mc Graw-Hill, 2014. 599 pp.
  
- JEUFFROY, Georges. Proyectos y construcción de carreteras: materiales construcción y herramientas, 1977.
  
- LAURENTE, Yony. Estudio comparativo del Mejoramiento de la Subrasante y Base de la Carretera Cañete - Chupaca, Tramo: Km 220+000 -Km 240+000 Tesis para optar por el título de Ingeniero Civil, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería (2011).

- LEIVA, Fabricio. Diseño de una estructura de pavimento perpetuo (caso de estudio de una ruta nacional en costa rica). Tesis (Bachiller en Ingeniería civil), Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2006.
- MERCEDES, Lizeth. Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo - Junín. Tesis (Licenciado en Ingeniería civil – Construcción), Lima, Perú, Universidad Privada Los Andes (2016).
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Manual de Carreteras: Suelo, Geología, geotecnia y pavimentos. 2013.  
Disponible en:  
  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- MINISTERIO de transporte y comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales [en línea]. Perú: Lima, 2016. Disponible en:  
[https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- MORENO, Luis, PARRALES, Glyder, COBOS, Denny. Mantenimiento y conservación de carreteras, 2018. pg 108.
- REYES, Freddy, RONDÓN, Hugo. Pavimentos, Materiales, Construcción y Diseño, Ciudad de México, 2015.
- RIXOM, Marc. Aditivos para los hormigones: composición, propiedades y empleo, Massachusets, Estados Unidos, 1984

- SALCEDO, Karen. Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (eco road 2000) para la pavimentación en palian – huancayo – junin. Tesis para optar por el título de ingeniero civil, Universidad Privada los Andes, 2016.
- SANCHEZ, Martin. Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas. Tesis para optar por el título de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.
- ULLOA, Andrea. Métodos y Materiales [en línea]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Diciembre 2011. [Fecha de consulta: 11 Mayo 2018].  
Disponible en:  
  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales/article/download/8393/7927>

#### NORMAS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (MTC).

- Norma ASTM 150.
- Norma Técnica Peruana NTP 334090
- MTC E101-2000 Guía para muestreo de suelos y rocas.
- MTC E103-2000 Métodos para la reducción de muestras de campo a tamaños de muestras de laboratorio.
- MTC E104-2000 Conservación y Transporte de Muestras de Suelos.
- MTC E108-2000 Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
- MTC E109-2000 Análisis granulométrico por medio de hidrómetro.
- MTC E110-2000 Determinación del límite líquido de los suelos.
- MTC E111-2000 Determinación del límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.
- MTC E112-2000 Determinación de los factores de contracción de los suelos.
- MTC E115-2000 Compactación de suelos en laboratorio.
- MTC E132-2000 CBR de Laboratorio.

### **III. ANEXOS**

Mapa de Ubicación de la carretera Juliaca – Putina – Sandia – San Ignacio – Límite Bolivia



Figura 38: Plano de Ubicación. Fuente: Laboratorio de Suelos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

La carretera se encuentra localizada entre las provincias de San Román, Azángaro, San Antonio de Putina, Sandia Huancané y Moho.

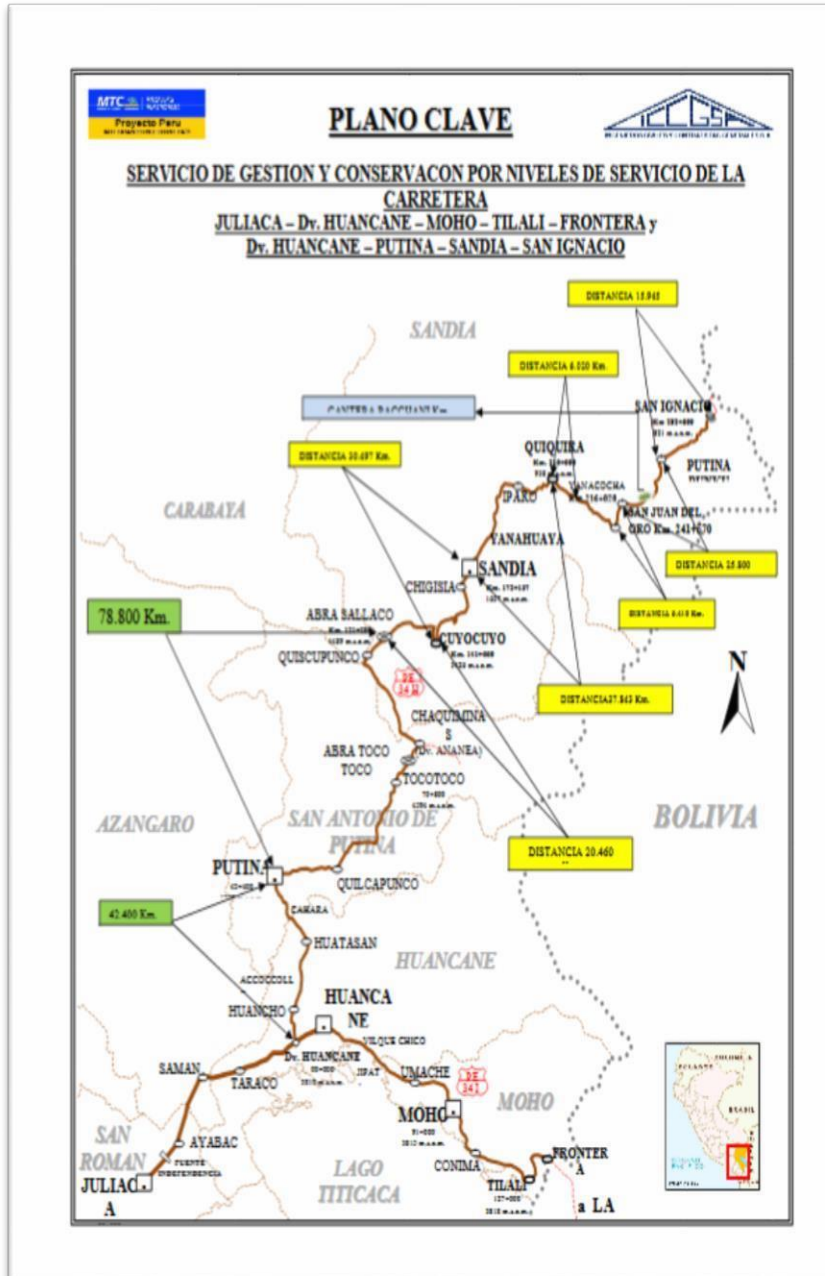


Figura 39: Plano de Localización. Fuente: Laboratorio de Suelos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones



MATRIZ DE CONSISTENCIA

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>					
<b>TÍTULO:</b> Mejoramiento de la Base de Pavimento Flexible adicionando estabilizador Químico CON—AID CBR Plus en Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de PUNO.					
1. Problema General	1. Objetivo General	1. Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores
<p>¿Qué relación tiene la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus con el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno?</p>	<p>Evaluar la incidencia de la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus en la optimización de las propiedades mecánicas del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.</p>	<p>La aplicación del aditivo CON- AID CBR Plus mejora las propiedades mecánicas del suelo para la base de pavimento flexible en la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.</p>	<p>Incorporación de CON-AID CBR Plus.</p>	<p>Dosificación adecuada del Estabilizador CON-AID CBR Plus</p>	<p>Estudios de dosificación del aditivo CON-AID CBR Plus</p>
				<p>Incorporación adecuada del aditivo CON-AID CBR Plus</p>	<p>Mayor cohesión entre las partículas de la base de la carretera en estudio.</p>
				<p>Aclimatación adecuada del aditivo CON-AID CBR Plus</p>	<p>Se determinará por medio de estudios en los que se aprecie la reacción del material en contacto con el estabilizador en climas extremos</p>

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** Mejoramiento de la Base de Pavimento Flexible adicionando estabilizador Químico CON—AID CBR Plus en Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de PUNO.

2. Problemas Específicos	2. Objetivos Específicos	2. Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores
¿Cuál es la influencia de la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus sobre el grado de hinchamiento del terreno de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno?	Evaluar el grado de influencia que tiene la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus sobre el hinchamiento del terreno de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.	El uso del aditivo CON-AID CBR Plus influye en el grado de hinchamiento del terreno de la carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.	Base Granular	Grado de hinchamiento	Porcentaje de Expansión
¿Cómo influye la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus sobre la compactación del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno?	Evaluar el grado de influencia que tiene la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus sobre la compactación del suelo para la base del pavimento flexible de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno	La aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus influye en la compactación del suelo estabilizado para la base de pavimento flexible en la carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.		Compactación del suelo	Máxima densidad seca
¿Cómo influye la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus en el grado de absorción del suelo de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno?	Evaluar el grado de influencia que tiene la aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus el grado de absorción del suelo de la Carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.	La aplicación del aditivo CON-AID CBR Plus influye en el grado de absorción del suelo en la carretera Juliaca - Putina - Sandia - San Ignacio - Moho - Tilali - Limite Bolivia. Km 210+750 - 263+000. Departamento de Puno.		Grado de Absorción del suelo	Porcentaje de Absorción



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
*La Escuela de Ingeniería Civil*

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*CÁRDENAS SILVA DA DÍAZ ANTONIO*

INFORME TITULADO:

*MEJORAMIENTO DE LA BASE GRANULAR ADICIONANDO ESTABILIZADOR  
QUÍMICO COW-AD CBQ PLUS EN CARRETERA JULIACA-LÍMITE  
BOLIVIA KM 210+750 - 263+000, DPTO DE PUNO*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Civil*

SUSTENTADO EN FECHA:

*06/12/2018*

NOTA O MENCIÓN :

*15 (Quince)*

  
Firma del Encargado de Investigación de  
LIMA Ingeniería Civil



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, José Luis Benites Zuñiga.....  
docente de la Facultad de Ingeniería..... y Escuela Profesional de  
Ingeniería Civil..... de la Universidad César Vallejo Lima Norte (precisar filial o sede),  
revisor(a) de la tesis titulada

"Mezclas de la Base Granular adensada estabilizada química  
CON: AID, CBE, Puz, en la Coagulación Subacuática Limite, Bolivia, Km. 210+750  
263+000, Departamento de Puno....."

del (de la) estudiante Diego Antonio Córdova.....  
Silveca..... constato que la investigación tiene un índice de  
similitud de 16 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrita (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las  
coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la  
tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas  
por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 26 - Nov - 2018

Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

José L. Benites Zuñiga

DNI: 42414842

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Mejoramiento de la Base Granular adyacente estabilizador  
Químico CON--AID CBR Plus en Carretera Juliaca-Limite  
Bolivia, Km 210-750 - 263-000. Departamento de PUNO".

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL.

AUTOR:

Cárdenas Silveira, Diego Antonio

ASESOR:

Mg. Ing. José Luis Benkes Zúñiga

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial



16  
Matches

Match Overview

16%

Currently viewing standard sources

View English Sources (Beta)

Rank	Source	Percentage
1	biblioteca.usac.edu.gt	3%
2	Submitted to Univers...	2%
3	tecnoover.webs.com	2%
4	repositorio.upro.edu.pe	2%
5	repositorio.upla.edu.pe	2%

cyber/tesis.unp.edu.pe 2%



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : P08-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo Diego Antonio Cárdenas Silva....., identificado  
con DNI N° 74768281.....


Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

"...Mejoramiento...de la...Base Granular...adicionando estabilizadora...  
...Química...CEN-AID...CBA...Plus en Carretera Juliaca - límite Bolivia  
...Km. 210+750 - 263+000...Departamento de Puno...  
.....":

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA  
DNI: 74768281.....

FECHA: 06 de Diciembre... del 2018..

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	--------------------------------