Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"

Software Antiplagio

UNICHECK

INFORME DE REVISIÓN

Se ha realizado el analisis con el software antiplagio de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", por parte de los docentes reponsables, al documento cuyo titulo es:

EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO OCUCAJE – ICA

presentado por:

PEDRO MARTIN MENDOZA VERGARA

del nivel **PREGRADO** de la facultad de **INGENIERIA CIVIL** obteniéndose como resultado una coincidencia de **15.94%** otorgándosele el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presenta el reporte de evaluación del software antiplagio.

Observaciones:

APROBADO LA EVALUACION DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE TESIS el cual se evidencia el Nivel de Similitud del 15.9% de conformidad a la R.R. 1668 - R - UNICA - 2020, art. 18.2

Ica, **20** de **Enero** de **2021**

MARTIN HAMILTON WILSON HUAMANCHUMO
COORDINADOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

EDITH ISABEL GUERRA LANDA
ASESOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Escaneado con CamScanner

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

"EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE – ICA"

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

PEDRO MARTÍN MENDOZA VERGARA

ICA – PERÚ

2020

DEDICATORIA:

La presente Tesis está dedicada mis Padres: Pedro Mendoza Hostia y Rosa Vergara Silva, y a mis queridas hermanas: Katia y Vilma, quienes siempre me apoyan y me alientan en todo sacrificio; sobre todo en este gran esfuerzo de realizar la presente investigación.

Agradecimiento especial a la Corporación Aceros Arequipa S.A, y a su Gerente General Ing. Augusto Cornejo Cañedo, por su invalorable apoyo, al brindarme la ayuda necesaria de información y permitirme humildemente el ingreso y conocimiento del material en Planta.

Agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por su inmensa labor hacia la formación, solidaridad, sostenimiento y apoyo a la investigación para el crecimiento profesional.

INDICE GENERAL:

RESUMEN: 1
ABSTRACT: 2
CONTRACARÁTULA: 3
INTRODUCCIÓN: 4
CAPITULO I MARCO TEÓRICO 7
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 7
1.1.1 ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL: 7
1.1.2 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL: 8
1.1.3 ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL: 10
1.2 BASES TEÓRICAS 11
CAPITULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 105
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN: 105
2.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMAS: 106
2.2.1 PROBLEMA GENERAL: 106
2.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICOS: 106
2.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA: 106
2.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN 107
2.4.1 JUSTIFICACIÓN: 107
2.4.2 IMPORTANCIA: 107
2.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN: 108
2.5.1 OBJETIVO GENERAL: 108
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 108
2.6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN: 108
2.6.1 HIPÓTESIS GENERAL: 108
2.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: 108
2.7 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN: 109
2.7.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES: 109
2.7.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 110
CAPÍTULO III ESTRATEGIA METODOLÓGICA 112
3.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: 112
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA MATERIA DE INVESTIGACIÓN: 112
CAPÍTULO IV TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN 114
4.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 114

4.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 114

4.3 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. 115

CAPITULO V PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 326

5.1 PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS: 326

5.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS: 327

CAPITULO VI COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS 334

6.1 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL 337

6.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 337

CONCLUSIONES: 338

RECOMENDACIONES: 339

FUENTES DE INFORMACIÓN 340

ANEXOS 341

PLANOS 356

ÍNDICE DE FIGURAS:

FIGURA 1: NUEVA AUTOPISTA SAN ANDRÉS…….. 10

FIGURA 1.1: ALACERO – CEPAL/ECLAC – WORDLSTEEL (OCTUBRE 2017) ARTÍCULO PERIODÍSTICO: EL COMERCIO - 27 DE AGOSTO DE 2017 – CONSUMO DE ACERO EN EL PERÚ……..... 12

FIGURA 2: CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A (CAASA) / HISTORIA…. 13

FIGURA 3: FABRICACIÓN DE ACERO VIA HORNO ELÉCTRICO – CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A……... 17

FIGURA 4: DIAGRAMA DE LA COLADA CONTINUA…… 20

FIGURA 5: PROCESO DE LAMINACIÓN…….. 22

FIGURA 6: PROCESO DE FABRICACIÓN DE ACERO……. 23

FIGURA 7: PRODUCCIÓN DE ESCORIA DE ACUERDO A FASES……..... 24

FIGURA 8: ESCORIA DE ARCO ELÉCTRICO……... 24

FIGURA 9: CANTERA DE ECOGRAVILLA DE ACEROS AREQUIPA S.A…… 39

FIGURA 10: EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA ECOGRAVILLLA – AUTOPISTA CHINCHA - SAN ANDRÉS……..... 40

FIGURA 11: EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA ECOGRAVILLLA – AUTOPISTA CHINCHA - SAN ANDRÉS…… 40

FIGURA 12: NUEVA AUTOPISTA CHINCHA–SAN ANDRÉS–ECOGRAVILLA...41

FIGURA 13: CLASIFICACIÓN DE ESCORIAS…….. 42

FIGURA 14: ECOGRAVILLA EN CANTERA……..……..... 43

FIGURA 15: CICLO DE VIDA DEL ACERO……... 48

FIGURA 16: CAASA EN CONTROL DE CALIDAD DEL AIRE…… 50

FIGURA 17: MAPA GEOLÓGICO DE ICA……. 58

FIGURA 18: ESTRUCTURA DE LOS SUELOS…….. 61

FIGURA 19: VARIACIÓN DE CONT. DE HUMEDAD VS VOL. DEL SUELO…… 65

FIGURA 20: LÍMITE LÍQUIDO……..…….. 66

FIGURA 21: LÍMITE PLÁSTICO – PROCESO DE LABORATORIO……..….. 66

FIGURA 22: CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS FINOS – SUCS……... 68

FIGURA 23: PAVIMENTOS FLEXIBLES……... 73

FIGURA 24: SECCIÓN TÍPICA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES……. 75

FIGURA 25: DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN LAS DIFERENTES CAPAS DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE…… 80

FIGURA 26: DEFORMACIÓN VERTICAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE……... 81

FIGURA 27: DEFORMACIONES HORIZONTALES DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE…….……. 82

FIGURA 28: FLEXIÓN DE PAVIMENTOS EN FUNCIÓN A ESPESOR DE ESTRUCTURA……..…..…..…..……... 82

FIGURA 29: NOMOGRAMA PARA RESOLVER ECUACIÓN – MÉTODO AASHTO 93……....…… 96

FIGURA 30: VALORES DE COEFICIENTE ESTRUCTURAL (arod) PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS – a1……..……..... 97

FIGURA 31: VALORES DE COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a1) PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS…..…….…….…..….... 98

FIGURA 32: VALORES DE COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a2) PARA BASES GRANULARES ……..….. 99

FIGURA 33: VALORES DE COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a3) PARA SUB BASES GRANULARES ……..... 100

FIGURA 34: RECORRIDO HASTA EL PUNTO DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN…….....……..… 123

FIGURA 35: PESO ESPECÍFICO DE LOS SUELOS…… 147

FIGURA 36: CURVAS DE COMPACTACIÓN PARA VARIOS TIPOS DE SUELOS..... 165

FIGURA 37: TIPO DE CURVAS EN SUELOS FINOS……..……. 165

FIGURA 37.1: TIPO DE CURVAS EN SUELOS…… 166

FIGURA 38: MEDIDAS DE MOLDE PARA ENSAYO DE CBR……..... 169

FIGURA 39: CURVAS DE CBR DE ACUERDO AL SUELO……..... 177

FIGURA 40: MAPA DE OCUCAJE……. 178

FIGURA 41: CANTERA ALUVIAL……... 180

FIGURA 42: CANTERA DE PEÑA…….……..….. 180

FIGURA 43: RECORRIDO DE FLETE…… 183

FIGURA 44: VEHÍCULO DE CATEGORIA L5……. 266

FIGURA 45: VEHÍCULO DE CATEGORIA N…….…. 267

FIGURA 46: VEHÍCULO DE CATEGORIA M2 Y M3……..… 268

FIGURA 47: VEHÍCULO DE CATEGORIA M1……..….. 269

FIGURA 48: VEHÍCULO DE CATEGORIA O……..… 269

FIGURA 49: ESPESOR – METODOLOGÍA ANEXO B…… 294

FIGURA 50: LÍNEA DE BORDE DE CALZADA…….…… 298

FIGURA 51: LÍNEA CENTRAL…….. 298

FIGURA 52: LÍNEA DE PARE ……..……...…… 299

FIGURA 53: LÍNEA DE CRUCE PEATONAL……..…….. 299

FIGURA 54: DIMENSIONES DE RECTA FLECHA Y FLECHA DE GIRO...……. 300

FIGURA 55: DIMENSIONES DE COMBINACIÓN RECTA FLECHA Y GIRO… 301

FIGURA 56: DIMENSIÓN DE LETRAS EN ZONAS URBANAS…… 301

FIGURA 57: SEÑAL DE CURVA A LA DERECHA……. 302

FIGURA 58: SEÑAL DE INTERSECCIÓN DE VÍAS…… 303

FIGURA 58.1: SEÑAL DE VÍA LATERAL DERECHA……..…….... 303

FIGURA 59: SEÑAL DE REDUCCIÓN DE CALZADA A LADO DERECHO……. 304

FIGURA 60: SEÑAL DE PARE……..……. 306

ÍNDICE DE TABLAS:

TABLA 1: PRINCIPALES REACCIONES QUÍMICAS EN EL AFINO…………….. 18

TABLA 2: COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CONTENIDO DE METALES DE ESCORIA NEGRA Y ESCORIA BLANCA…………………………………………………… 32

TABLA 3: PRODUCCIÓN PROMEDIO MENSUAL DE LA ECOGRAVILLA……. 41

TABLA 4: GRANULOMETRÍA EJEMPLAR DE LA ECOGRAVILLA……………. 44

TABLA 5: COMPONENTES QUÍMICOS DE LA ESCORIA……………………….. 45

TABLA 6: COMPONENTES QUÍMICOS DE LA ECOGRAVILLA – 2017……….. 45

TABLA 7: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ESCORIAS SEGÚN EL PAÍS DE PROCEDENCIA...………………..……………...……………………...….….. 46

TABLA 8: COMPARACIÓN DE COMPOSICIÓN QUÍMICA……………………… 46

TABLA 9: RESULTADOS DE ENSAYOS DE REACTIVIDAD……………………. 48

TABLA 10: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TOXICIDAD INORGÁNICA...………............... 49

TABLA 11: CATEGORIAS DE SUB RASANTE…………………….….………….. 59

TABLA 12: RELACIÓN TIPO DE SUELO – PERMEABILIDAD...……………….. 63

TABLA 13: CLASIFICACIÓN DE SUELOS – SUCS... 70

TABLA 13.1: CLASIFICACIÓN DE SUELOS – AASHTO……..………………….. 72

TABLA 14: REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA CAPA DE RODADURA ……………………….................................…………………….. 76

TABLA 15: REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE GRANULAR…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..……………… 77

TABLA 15.1: REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO GRUESO…………………. 77

TABLA 15.2: REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO FINO………………………. 78

TABLA 16: VALORES RELATIVOS DE SOPORTE………………..……………… 78

TABLA 17: REQUERIMIENTOS DE CALIDAD PARA SUB BASE GRANULAR... 79

TABLA 18: REQUERIMIENTOS DE CALIDAD PARA SUB BASE GRANULAR…… 79

TABLA 19: CORRELACIÓN CBR Y MODULO RESILENTE..... 90

TABLA 20: NIVEL DE CONFIABILIDAD PARA 1 ETAPA DE DISEÑO..... 91

TABLA 21: DESVIACION ESTANDAR NORMAL Zr……... 92

TABLA 22: INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (PI) Y FINAL (PT)..... 93

TABLA 23: DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD…….. 94

TABLA 24: CALIDAD DE DRENAJE EN PAVIMEMTOS FLEXIBLES……. 101

TABLA 25: COEFICIENTES DE DRENAJE m_i..... 101

TABLA 26: NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN..... 122

TABLA 27: GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS…….. 149

TABLA 28: MÉTODOS DE PROCTOR MODIFICADO…… 156

TABLA 29: ANTECEDENTES DE ESTUDIO QUÍMICOS COLINDANTES..... 178

TABLA 30: FACTOR DE CORRECCIÓN..... 182

TABLA 31: FACTOR DE CORRECCIÓN…….. 182

TABLA 32: NÚMERO DE APLICACIONES – ESTUDIO DE TRÁFICO……. 276

TABLA 33: FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN……. 277

TABLA 34: FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL…… 277

TABLA 35: PERIODO DE DISEÑO SEGÚN TIPO DE CARRETERA……. 282

TABLA 36: NIVELES DE CONFIABILIDAD…… 283

TABLA 37: VALORES RECOMENDADOS PARA LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR……... 283

TABLA 38: ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL Y FINAL……..... 284

TABLA 39: ESPESORES MÍNIMOS PARA CARPETA DE RODADURA Y BASE GRANULAR…… 286

TABLA 40: TIPO DE ASFALTO RECOMENDADO…… 293

TABLA 41: ESPESOR DE PAVIMENTO……..……...… 294

RESUMEN:

En la presente Tesis titulada, "EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO 'SAN JOSÉ DE PINILLA' (CENTRO) OCUCAJE – ICA", se dio el diseño de pavimento flexible mediante el uso de la Escoria de Arco Eléctrico de las Acerías reconocidas del país, la motivación de este proyecto de investigación se ha dado debido a que existen escasos estudios dedicados a la preservación del Impacto Ambiental, sin darnos cuenta que se puede usar productos desechables para proyectos que abarcan el área de la Ingeniería.

En esta investigación, se hará mención tanto del diseño, los ensayos correspondientes para la clasificación de la escoria y las calicatas desarrolladas en la zona de estudio. Cabe indicar también qué, se recalcará el uso de la Ecogravilla desde su salida en Planta (CAASA), su uso en proyectos viales dentro de la Ciudad de Ica cómo también las bases teóricas que definen a este material como apto para uso en pavimentos, rigiéndonos de la Teoría del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

ABSTRACT:

In this thesis entitled, "ECOGRAVILLA EFFICIENCY IN THE DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENTS IN THE POPULATED CENTER 'SAN JOSÉ DE PINILLA' (CENTRO) OCUCAJE - ICA", the flexible pavement design was given through the use of the Arc Slag Electrician of the recognized Acerías of the country, the motivation of this research project has been given because there are few studies dedicated to the preservation of the Environmental Impact, without realizing that you can use disposable products for projects that cover the area of Engineering .

In this investigation, mention will be made both of the design, the corresponding tests for the classification of the slag and the calicatas developed in the study area. It should also be noted that, the use of Ecogravilla will be emphasized since its departure from the Plant (CAASA), its use in road projects within the City of Ica, as well as the theoretical bases that define this material as suitable for use on pavements, governing of the Theory of the Ministry of Transportation and Communications.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
DE ICA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

"EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE – ICA"

ÁREA DE CONOCIMIENTO:

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

VÍAS Y TRANSPORTES

AUTOR:

PEDRO MARTÍN MENDOZA VERGARA

ASESOR:

ING. FÉLIX ORMEÑO GRADOS

ICA – PERÚ
2020

INTRODUCCIÓN:

De acuerdo al Desarrollo vial de las últimas décadas, el Perú ha desarrollado construcciones, rehabilitaciones, mantenimientos y nuevas conexiones a las zonas que han sido durante la época de los 90' de difícil acceso.

Hoy en día, el descubrimiento de nuevas técnicas de estudio o trabajo, ha permitido una evolución en el Campo de la Ingeniería Civil, en el uso de obras viales expuestos en diferentes tipos de situación (climática, tránsito, fenómenos, etc.). Por lo que una de esas técnicas de aplicación, se aplicará en el presente estudio, la Escoria.

A comienzos de la Segunda Guerra Mundial, se dio inicio al uso de los Hornos de Arco Eléctrico para la fundición del Hierro, el cual exigió una gran demanda de esta y sobre todo la gran cantidad de Desechos, permitió a los metalurgistas evaluar las propiedades químicas y/o físicas que podrían tener estas al modificarse, alterando su composición para ser apto a usarse en otros campos. Hoy en día, las escorias son usadas en muchas partes del mundo, tanto para la fabricación de cemento (Adición de la Escoria de alto horno), en la aplicación o uso de bases y sub-bases para pavimentos, en el estudio y estabilización de suelos, en el diseño de carpetas asfálticas para pavimentos flexibles, cómo también otros campos como la Agricultura y estudios de las Aguas residuales. Las distintas acerías del mundo, que anualmente producen millones de toneladas de escoria, han podido emplear el subproducto como un reemplazo a la piedra tradicional usada en el campo de la Construcción vial, de tal manera que se omita la explotación y destrucción paisajística de las canteras de agregados, permitiendo a su vez también la reducción de gases, energía y/o combustibles, producido por las diferentes maquinarias que permiten el tratado de las canteras, por lo tanto; ofrece una mejor vida útil de los yacimientos.

Como se mencionó anteriormente, en la mayor parte de países de Europa, su aplicación de la escoria ha sido tema ya normativo, como medida de prevención y ejercer el desarrollo sostenible; esto es un tema a resaltar ya que el Perú, aún no existe normativa que permite, acepte y practique su uso para la mejoría ambiental y de infraestructuras.

Para este caso de estudio, se tiene el objetivo de Determinar la Eficiencia de la Escoria de Arco Eléctrico Triturada de la Corporación de Aceros Arequipa S.A para su uso y provecho de las características físicas, mecánicas y químicas en su reutilización como material pétreo.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL:

- TESIS DOCTORAL: **"APROVECHAMIENTO DE ESCORIAS BLANCAS (LFS) Y NEGRAS (EAFS) DE ACERÍA ELÉCTRICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y EN CAPAS FIRMES DE CAMINOS RURALES" – ING. VANESA ORTEGA LÓPEZ – UNIV. DE BURGOS – ESPAÑA 2011.** En la tesis doctoral, se habla un gran concepto, diferencia y control entre los dos diferentes tipos de Escoria Siderúrgica producido en España, además de promover una política para la gestión de estos residuos hacia el uso en infraestructuras con una evaluación económica.

- **EL USO DE ESCORIA DE HORNO CUCHARA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO** *"En esta tesis, detalla que los suelos arcillosos detalla comportamientos estabilizadores mientras se combinen o mejoren sus propiedades con otros materiales, como cemento, cal o productos similares para su uso en alguna aplicación de obra civil. Es por ello que algunos de los elementos a usar, se encuentra las escorias de acería. Es por ello que la investigación define las características mecánicas, físicas y químicas de las escorias de Horno Cuchara (LFS). Es por ello que se elaboraron diferentes cantidades de combinación con la arcilla, evaluando su comportamiento de acuerdo a la cantidad colocada. Los resultados de las muestras estudiadas arrojó propiedades geotécnicas de buen carácter, como el IP, el grado de expansión, capacidad de carga y su durabilidad*" **(Manso, J. M., Ortega-López, V., Polanco, J. A., & Setién, J. (2013).**

- **ESTABILIZACIÓN DE MATERIALES DE DEMOLICIÓN PARA APLICACIONES DE BASE / SUBBASE DE PAVIMENTO UTILIZANDO LOS GEOPOLÍMEROS DE CENIZA VOLANTE Y DE ESCORIA: INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO** *"La utilización de materiales reutilizados de de Construcción y Demolición (C&D) en usos de bases y bases de pavimentos*

estabilizados y sin estabilizar ha creado un entusiasmo creciente durante los últimos años. Materiales C&D compuestos de bloque aplastado (CB), total aplastado reutilizado (RCA) y recuperado El asfalto de superficie negra (RAP) se ha examinado en aplicaciones de base de asfalto de base subterránea / equilibrada sin concreto. para sujetadores electivos con bajo contenido de carbono. Esta investigación evalúa la conducta de los materiales de C&D cuando se depositan con geopolímeros. Los restos de moscas (FA) y Ecogravilla (S) granulada molida se utilizaron como folios puzolánicos y una disposición de activador antiácido no igual a la proporción de puzolánica. **Mohammadinia, A., Arulrajah, A., Sanjayan, J., Disfani, M. M., Win Bo, M., & Darmawan,** S. (2016).

1.1.2 ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL:

A nivel Local, no existen muchos estudios respecto a la Ecogravilla tratados en pavimentos, a excepción de estudios realizados en el Norte del País, se tiene:

- "**ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE EL USO DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS EN LA PAVIMENTACIÓN DEL JR. BOLOGNESI DEL PP.JJ DOS DE MAYO – CHIMBOTE"** por el **ING. LEON ULLOA, DENNYS MICHAELANGELO** y el **ING. PEÑA ARMAS, ELMER ADÁN (14 DE FEBERERO DE 2017 – UNIV. DE SANTA)**, donde retrata la experimentación, el enfoque, el análisis, los resultados y los conclusiones de los concentrados que se han completado en un laboratorio de suelos de una empresa privada; para decidir la utilización de la escoria del Horno eléctrico, producida por Siderperú (Chimbote-Ancash-Perú), en la estabilización de la sub-rasante y el diseño de Pavimento flexibles en el Jirón Bolognesi de PP.JJ Dos de Mayo-Chimbote. La Metodología Experimental utilizada para la mejora de los exámenes se realizó en la etapa principal con la representación del material granular, el terreno de establecimiento y el material de desecho (Escoria), también se ejecutó la determinación de los porcentajes óptimos de humedad y Capacidad de Soporte (CBR) del terreno regular y mezclado con escoria, al igual que el avance de la técnica AASHTO 93 para el plan de espesores en un asfalto adaptable, terminando con la investigación, fines y propuestas.

- **“VIABILIDAD PARA EL USO DE LA ESCORIA DE ACERÍA ELÉCTRICA COMO AGREGADO EN MEZCLA ASFÁLTICA EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE”** por el **ING. CHOQUE HINOJOSA, RUBEN DARÍO, (19 de Octubre de 2016 – UNIV. DE HUANCAVELICA), E**n la propuesta, la escoria creada en la planta de Siderurgical de Chimbote (SiderPeru) se evaluó como un total para la base y la subbase, y la mezcla de la parte superior negra como lo indican los detalles especializados y esto depende de las normas NTP, ASTM y AASHTO. La escoria contemplada es el resultado de la fabricación de acero que se produce en los negocios de acero que utilizan calentadores eléctricos. Las cualidades mecánicas se resolverán mediante pruebas de granulometría, resistencia de sulfatos de sodio, raspado en la máquina de mensajeros sagrados, CBR y los atributos compuestos y mineralógicos que decidieron la organización de la escoria por las estrategias de retención nuclear y Rayos X. Una de las cuestiones es la naturaleza amplia y la ausencia de criterios especializados que no utilicen este material en el desarrollo, la lectura de escoria se maduró hidratada durante un tiempo de medio año utilizando la estrategia de ducha, en ese momento se realizó la prueba de extensión potencial para materiales que contienen cal libre (CaO, MgO), según lo indicado por ASTM D4792. Se representaron la escoria y el total habitual y se evaluaron tres mezclas de color negro con varias medidas de escoria total convencional (100%, 0%), (70%, 30%), (10%, 30%, 60%).

- **“MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CEMENTO PARA PAVIMENTACIÓN, ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO EN SU PROCESO DE FABRICACIÓN”** por el **ING. LÓPEZ LARREA, MARVIN JAIRO** y **EL ING. PINEDO BUSTAMANTE, MARCO ANTONIO, (8 de Setiembre de 2017 – UNIV. NACIONAL DE SANTA),** esta tesis realiza el diseño y elaboración de Adoquines de cemento adicionando escoria horno eléctrico, para ser utilizados en pavimentación; el cual está orientado a mejorar y proponer unidades constructivas de conveniente comportamiento al tránsito vehicular pesado, a través de la adición de dicho componente (E.H.E.), en el diseño de mezcla del concreto y la utilización de una Mesa Vibradora Portátil con la finalidad de tener una mejor compacidad y así

incrementar la resistencia. Esto consiste en mejorar las características físicas mecánicas de los adoquines de pavimentos, realizando ensayos de los agregados y el control de los adoquines de cemento con Ecogravilla eléctrico".

1.1.3 ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL:

- **"USO DE LAS ESCORIAS OBTENIDAS COMO SUB PRODUCTO DE LA ELABORACIÓN DE ACERO DE LA PLANTA Nº 2 DE ACEROS AREQUIPA – PISCO PARA FINES DE CIMENTACIÓN Y PAVIMENTACIÓN"** por el **ING. MARQUINA SIERRA, MARCOS ADRIÁN, (29 de agosto de 2013 – UNIV. RICARDO PALMA),** esta tesis muestra el estudio de las Escorias de Aceros Arequipa S.A en la planta de Pisco N°2, aplicando estudios de mecánica de suelos, estudios de diseño de pavimentos y de cimentación en sectores de la Ciudad de Pisco. Dichos resultados se asemejaron a los estudiados por CAASA en el año 2006. Teniendo como conclusión que la Escoria de Arco Eléctrico posee propiedades significativas para el uso en obras civiles.

En la Ciudad de Ica, existe el desarrollo de proyectos viales ejecutados con la Ecogravilla se tiene:

- INFORME DE ESCORIAS – ACEROS AREQUIPA S.A - 2006
- Proyecto de la Nueva Autopista "San Andrés" – PISCO – Ejecutado por COVIPERÚ S.A – (2018 – 2019)

Figura 1: Nueva Autopista San Andrés - Ica
Fuente: COVIPERU S.A

1.2 BASES TEÓRICAS

LA SIDERURGIA EN EL PERÚ – ACEROS AREQUIPA S.A

El mercado siderúrgico en el Perú posee una considerable importancia, ya que ha permitido satisfacer muchas necesidades correspondientes a reposición de bienes e insumos que utilizan las industrias locales; además permitiendo ejercer un proceso productivo de calidad en su fabricación. La siderurgia en el Perú abastece grandes sectores industriales como: La Construcción, la manufactura y la minería. En el año 2007, se determinó un alto crecimiento de producción (alrededor 10%) con grandes incrementos en actividades de los sectores ya mencionados, destacando a la Construcción como top, debido a que el Perú posee un territorio de condición sísmica considerable, por lo tanto, adquiere mayor cantidad de hierro en sus construcciones.

El potencial de la industria siderúrgica es alto en la medida que la construcción de viviendas (relacionado con el incremento de la autoconstrucción, en el otorgamiento de préstamos hipotecarios, especialmente a través de programas como: MiVivienda y Techo Propio, ciertas zonas del país aún se realiza con materiales rudimentarios y por la ejecución de obras de infraestructura de gran envergadura, como es el caso de la hidroeléctrica de Quitaracsa, operativa desde el 2011 y que demanda una inversión de US$ 100 millones, y la central hidroeléctrica de Santa Anita con una inversión aproximada de US$ 350 millones.

Asimismo, el mercado doméstico es abastecido por dos empresas locales, Siderperú y Corporación Aceros Arequipa, y por un reducido grupo de importadores. Y en la actualidad, la Siderurgia en el Perú ha evolucionado, de tal manera que el nivel de producción y comercialización de acero en el Perú es uno de los que más ha crecido a nivel de América del Sur en menos de diez años (2007-2016), así se desprende del último reporte elaborado por la Asociación Latinoamericana del Acero (Alacero).

'El mayor fortalecimiento de la industria ha llevado al país a escalar cinco posiciones y situarse en el segundo lugar por consumo per cápita de acero en América del Sur (123 kg/habitante), solo por debajo de Chile, donde el consumo per cápita de este metal se ubicó en 147 kg el año pasado.' (Fig. 1)[1]

[1] Título: Consumo de Acero en Perú: ¿Cómo ha evolucionado la industria?
Autor: Miriam Romainville Izaguirre – Diario El Comercio

AMÉRICA LATINA: CONSUMO APARENTE DE ACERO LAMINADO PER CÁPITA
LATIN AMERICA: APPARENT STEEL USE PER CAPITA

Kgs

País / Country	2013	2014	2015	2016	2017(E)	Var. '17/'16
Argentina	119	117	121	96	108	13%
Brasil / Brazil	137	124	102	87	87	0%
Chile	154	147	155	151	153	2%
Colombia	74	83	84	75	75	0%
México / Mexico	163	186	199	201	210	4%
Perú / Peru	90	94	111	103	104	1%
Venezuela	95	67	60	24	23	-1%
Otros Latam / Other Latam	56	54	59	57	50	-11%
América Latina / Latin America	**118**	**116**	**114**	**104**	**104**	**1%**
Unión Europea (28) / Europea Union (28)*	281	294	303	311	318	2%
Estados Unidos / United States*	303	337	300	285	296	4%
Corea del Sur / South Korea*	1.032	1.102	1.103	1.124	1.103	-2%
Mundo / World*	**217**	**216**	**207**	**207**	**219**	**6%**

Figura 1.1: Cuadro de Consumo Aparente de Acero
Fuente: ALACERO – CEPAL/ECLAC – WORDLSTEEL (OCTUBRE 2017)
ARTÍCULO PERIODÍSTICO: EL COMERCIO - 27 DE AGOSTO DE 2017 – CONSUMO DE ACERO EN EL PERÚ

- **CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A (CAASA)**

Fue en el año 1964, en la Ciudad de Arequipa, se fundó la empresa ACEROS AREQUIPA; iniciando sus operaciones en el año 1966 con la puesta en funcionamiento de su primera planta de Laminación de productos de Acero, dando el origen a la fábrica de platinas y perfiles para abastecer los distintos mercados de Lima y Arequipa. [2]

A fines y comienzos de la década de los 80', la empresa buscó incrementar su portafolio de productos: fierro corrugado y alambrón; rumbo a una descentralización, dio por inaugurado su segunda Planta de Laminación en Pisco (1983), 4 años después se fusionó con Laminadora del Pacífico S.A y a fines de 1997 Aceros Arequipa adquirió el 100% de las acciones de Aceros Calibrados S.A. ampliando de esta manera su portafolio de productos con valor agregado. Es así como nace Corporación Aceros Arequipa S.A (CAASA). [2]

En la Actualidad, la Corporación Aceros Arequipa S.A continúa con su crecimiento siendo la empresa líder en el mercado junto al trabajo de sus Socios, además ejerciendo los altos estándares de calidad a sus productos; mejorando, innovando y aprovechando su planta de trabajo como factores decisivos al éxito y al desarrollo del Perú.

Figura 2: CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A
Fuente: CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A (CAASA) / HISTORIA

[2] Paráfrasis: Historia de la Corporación Aceros Arequipa S.A

PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL ACERO – CAASA.

El Acero nace de la fusión de cargas metálicas con contenido de hierro (Ferroaleaciones y carbono), las cuales componen la estructura molecular de esta. La corporación posee dos procesos fundamentales para el inicio de producción:

- **Proceso de Reducción Directa:**

Proceso que consisten en la extracción oxígeno del mineral de Hierro, obteniendo como insumo al conocido, Hierro Esponja.

Llamado así, debido a que el mineral de Hierro es encontrado en la naturaleza como óxido de Hierro, por lo cual debe pasar por un proceso de reducción lo que produce ciertas porosidades en el producto final. Este insumo es abastecido por la Shougang Hierro Perú S.A, en forma de Pellets de hierro.

¿Cómo lo produce?

La producción de este insumo se da por dos casos: Por gas natural (El Perú posee); como reductor y energético, y por Carbón (Otros países)

'Los pellets son reducidos en los hornos rotatorios tipo 'Kilin' (recubierto con material refractario), junto a la caliza y al carbón, lo cual se da el proceso de combustión (produciendo Monóxido de Carbono en una temperatura de 1050º) y así elimina la cantidad de oxígeno, durante este proceso se ingresa como combustible aire para la combustión del carbón mediante ventiladores y un quemador central. Es así que se reduce el mineral de hierro, liberándolo del oxígeno gracias a la acción del carbón, para así transformar la mayor proporción del hierro a su estado metálico y utilizarlo en el horno eléctrico como carga metálica en la fabricación del acero, mejorando sus propiedades; y eliminando gran cantidad de residuales. Éste pasa por un horno enfriador rotatorio donde se le suministra agua para su refrigeración, llegando a una temperatura de 100º C. Luego pasa a un proceso de tamizado y separación magnética, dónde se divide los residuos de carbón para su reutilización y el hierro esponja producido pasa a ser almacenado y/o llevado al proceso de Acería en el Horno Eléctrico.'[3] 'Actualmente el uso y compra de los Pellets desde la Shougang, resulta ser

[3],[5] Proceso de Fragmentación de Metálicos - Corporación Aceros Arequipa S.A

un material caro por lo cual, en la actualidad se está dando uso de Arrabio, importado desde Brasil para abastecer el proceso de Acería.'[4]

- **Proceso de Fragmentación de Metálicos**

Al ya explicarse el Hierro esponja, este insumo, no abastece completamente lo requerido como carga metálica para la producción de acero, por eso la Corporación Aceros Arequipa, se abastece de chatarra adquirida de importaciones o del mismo mercado local. La empresa actualmente utiliza chatarra del ámbito local y también importado desde Estados Unidos, esta a su vez es almacenada y pasa a un proceso de fragmentación mediante martillos que reduce el acero reciclado a un tamaño óptimo, a través de una faja transportadora, el acero reciclado pasa por unos rodillos magnéticos que selecciona el material magnético, donde se divide los desechos y el material a utilizarse en el proceso de Acería. [5]

[4] Información Propia – Visita a CAASA

o PROCESO DE ACERÍA – VÍA HORNO ELÉCTRICO:

La fabricación del acero en horno eléctrico se basa en la fusión de las chatarras y el hierro esponja por medio de una corriente eléctrica, y al afino posterior del baño fundido. Este consiste en un gran recipiente cilíndrico de chapa gruesa (15 a 30 mm de espesor) forrado de material refractario que forma la solera y alberga el baño de acero líquido y escoria. El resto del horno está formado por paneles refrigerados por agua.

- **Fase de Fusión:**

'Al ya tener explicado estos dos materiales metálicos, sigue el proceso de Acería, donde ambos insumos son mezclados en un recipiente lo cual es llevado a la planta de tratamiento, es ésta quien permitirá echar el material a fusionar en el **Horno Eléctrico**, la cual estará sellada por una masa selladora que impide el ingreso del aire; la energía del Horno eléctrico, está dada por 3 electrodos que genera temperatura por encima de los 3000 – 5000ºC, produciéndose energía química producto de la oxidación. Luego de 35 a 40 minutos se obtiene el acero líquido que pasará una etapa de "afino" en el horno cuchara que equivale a un control de homogeneidad y calidad del acero ya producido, a su vez permitir realizar ajustes en su composición química. Luego, la cuchara es enviada a la colada continua para iniciar el proceso de solidificación.

Los electrodos están conectados a un transformador que proporciona unas condiciones de voltaje e intensidad adecuadas para hacer saltar el arco, con intensidad variable, en función de la fase de operación del horno. El horno va montado sobre una estructura oscilante que le permite bascular para proceder al sangrado de la escoria y el vaciado del baño. '[6]

[6] Paráfrasis – Proceso de Acería de Corporación Aceros Arequipa S.A

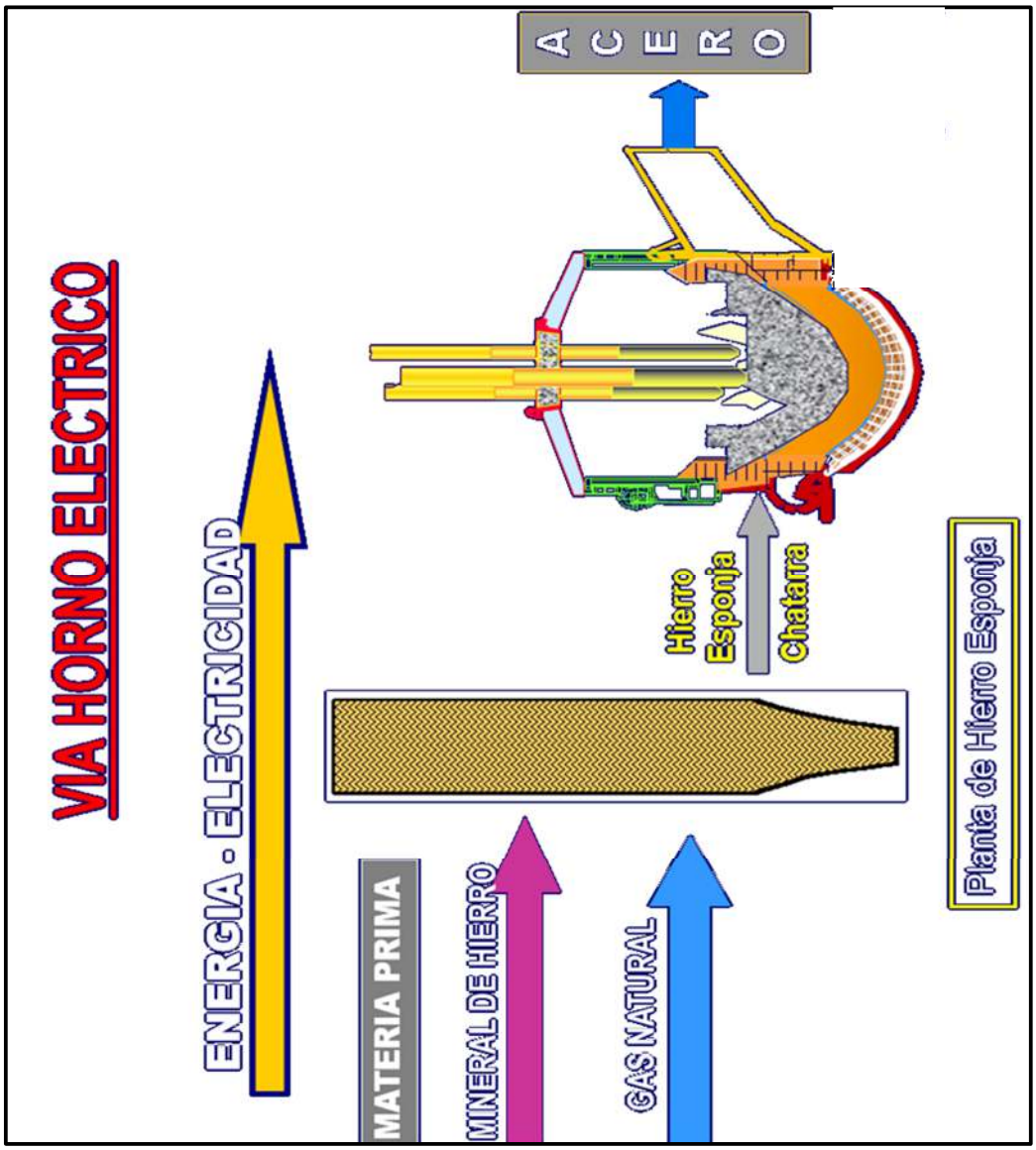


Figura 3: Fabricación de Acero Vía Horno Eléctrico – CAASA
Fuente: ING. MAURO CONDORI – mcondori@aasa.com.pe

- **Fase de Afino:**

'El afino se lleva a cabo en dos etapas. La primera en el propio horno y la segunda en un horno cuchara. En el primer afino se analiza la composición del baño fundido y se procede a la eliminación de impurezas y elementos indeseables (silicio, manganeso, fósforo, etc.) y realizar un primer ajuste de la composición química por medio de la adición de ferroaleaciones que contienen los elementos necesarios (cromo, níquel, molibdeno, vanadio o titanio). El acero obtenido se vacía en una cuchara de colada, revestida de material refractario, que hace la función de cuba de un segundo horno de afino en el que termina de ajustarse la composición del acero y de dársele la temperatura adecuada para la siguiente fase en el proceso de fabricación. En esta etapa se presentan reacciones químicas cómo:'[7]

Elemento	Forma de Eliminación	Reacción Química
Carbono	Al combinarse con el oxígeno se quema dando lugar a CO y CO2 gaseoso que se elimina a través de los humos	$2C + O_2 \rightarrow 2\ CO$ $2\ CO + O_2 \rightarrow 2\ CO_2$
Manganeso	Se oxida y pasa a la escoria combinado con sílice da lugar a silicatos	$2Mn + O_2 \rightarrow 2\ MnO$ $Mn + SiO_2 \rightarrow$ Silicatos
Silicio	Se oxida y pasa a la escoria. Forma Silicatos	$Si + O_2 \rightarrow SiO_2$ óxidos $+ SiO_2 \rightarrow$ Silicatos
Fósforo	En una primera fase se oxida y pasa a la escoria En presencia de carbono y altas temperaturas puede revertir al baño. Para fijarlo a la escoria se añade cal formándose fosfato de calcio	$4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$ $P_2O_5+5C \rightarrow 2P + 5CO$ $2P + 5FeO + 3CaO \rightarrow$ $P_2O_5*3CaO+5Fe$
Azufre	Su eliminación debe realizarse mediante el aporte de cal, pasando a la escoria en forma de sulfuro de calcio. La presencia de manganeso favorece a la desulfuración	$S + Fe + CaO \rightarrow FeO + SCa$ $S + Fe + MnO \rightarrow SMn + FeO$ $S + Fe + Mn \rightarrow SMn + Fe$

Tabla 1: Principales Reacciones Químicas en el Afino
Fuente: upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3319/55868-7.pdf

[7] Título: Proceso de Fabricación del Acero
Autor: L Medina Romero – Universidad Politècnica de Catalunya

- **La Colada Continua:**

La colada continua es un procedimiento siderúrgico en el que el acero se vierte directamente en un molde de fondo desplazable, cuya sección transversal tiene la forma geométrica del semiproducto que se desea fabricar; en este caso la palanquilla.

En la colada continua a través de la buza u orificio ubicado en la base de la cuchara, se inicia el vertido del acero líquido de la cuchara al tundish o distribuidor, que reduce la turbulencia del flujo y lleva el acero líquido por 4 líneas de colada hacia los moldes oscilatorios, en donde se le da una refrigeración primaria para solidificarla superficialmente. Luego, mediante spray´s y toberas se realiza la refrigeración secundaria. Esta barra solidificada es cortada obteniéndose así la palanquilla, el producto final de la acería y la materia prima para la laminación. Todo este proceso es muy importante porque de él depende la calidad de la palanquilla y del producto final.

Posteriormente se aplica un sistema de enfriamiento controlado por medio de duchas de agua fría primero, y al aire después, cortándose el semiproducto en las longitudes deseadas mediante sopletes que se desplazan durante el corte. En todo momento el semiproducto se encuentra en movimiento continuo gracias a los rodillos de arrastre dispuestos a los largo de todo el sistema. Finalmente, se identifican todas las palanquillas con el número de referencia de la colada a la que pertenecen, como parte del sistema implantado para determinar la trazabilidad del producto, vigilándose la cuadratura de su sección, la sanidad interna, la ausencia de defectos externos y la longitud obtenida.

La capacidad de producción anual es de 850,000 t/a de palanquilla de diferentes secciones, (130x130mm y 150x150mm), que se destina a la fabricación de barras corrugadas, perfiles, alambrones y aceros especiales.

Dentro del proceso continuo de mejora tecnológica, la Planta de Acería ha logrado avances significativos que incluyen el desarrollo de tecnología propia patentada, permitiendo ubicar al Horno Eléctrico de Aceros Arequipa entre los más rápidos y potentes del mundo, y haciendo que en los últimos años la producción de palanquilla se incremente sustancialmente.

La modernización del horno, el proceso a puerta cerrada, el uso de metálicos sin residuos, y el conocimiento, innovación y creatividad de sus colaboradores, han

permitido a Corporación Aceros Arequipa incrementar la productividad de la planta de acería y asegurar la calidad de los diferentes aceros producidos.[8]

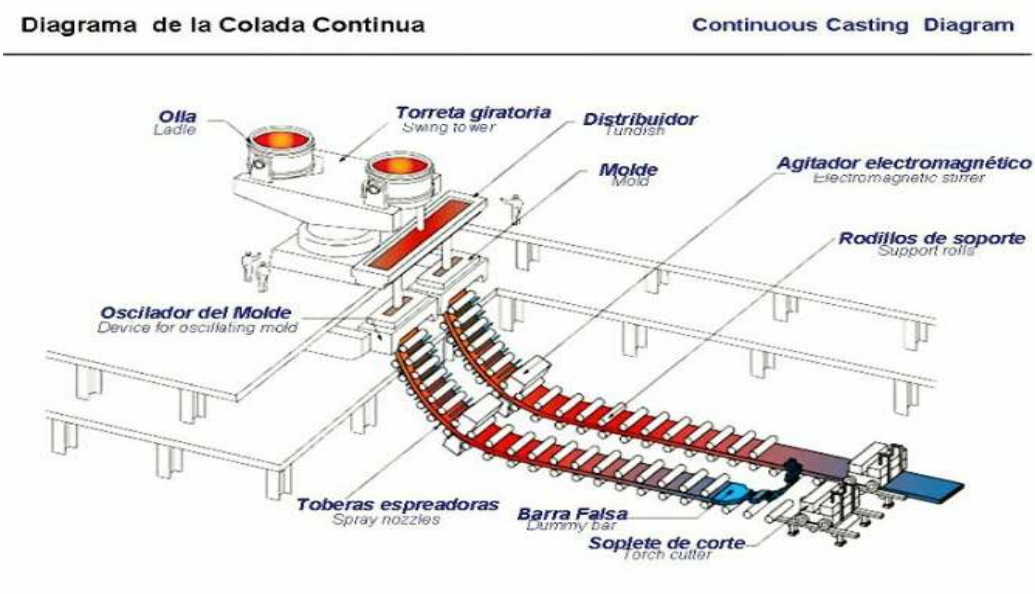


Figura 4: Diagrama de Colada Continua
Fuente: sites.googlegroups.com/site/hornoelectricodearco/colada-continua/CCDiagrama1.jpg

- **Laminación:**

La última parte del proceso de producción del acero es la laminación en caliente, donde las palanquillas se transforman en los diferentes productos de acero largo que el mercado nacional e internacional requiere. Las dos plantas de Laminación de Pisco cuentan con dos trenes de laminación con alto nivel de automatización, el tren laminador N°1 dedicado a la fabricación de barras cuadradas y redondas, platinas, barras helicoidales y ángulos; y tren laminador N° 2, dedicado exclusivamente a la fabricación de barras de construcción desde Ø 8mm hasta Ø 1 3/8" con la tecnología de alta velocidad. Ambas plantas suman una capacidad de producción de 1´200,000 toneladas anuales de producto terminado de acero.

[8] Título: Proceso de Acería
Autor: Corporación Aceros Arequipa S.A

- **El tren laminador N° 1,**

  La materia prima es la palanquilla que suministra la Planta de Acería. Se alimenta al Horno de Recalentamiento y se calienta a una temperatura de 1,160°C promedio, mediante el proceso de combustión con gas natural. Una vez obtenida la temperatura deseada, la palanquilla ingresa al tren laminador que consta por un conjunto de equipos (casetas) puestos en serie que tienen la finalidad de reducir la sección transversal de la palanquilla a través de su compresión entre los rodillos de las casetas, dando la forma del producto final y mejorando sus propiedades mecánicas. Luego el producto es descargado y enfriado al medio ambiente en la Placa de Enfriamiento; posteriormente es cortado a la longitud comercial deseada con la Cizalla de Corte en Frío. Cuando se fabrican perfiles, en la zona de corte se cuenta con una Enderezadora Multihilos que sirve para dar mayor rectitud al producto.

  Se cuenta también con una línea de Alambrones en el tren laminador N°1 donde se laminan los alambrones para trefilería, calibrados, electrodos y construcción. Una vez que la barra termina su proceso en el tren laminador, pasa por un Bloque Acabador (BGV) de alta velocidad llegando a los 100 m/s. Para obtener las características mecánicas y metalúrgicas requeridas, se controla la temperatura del alambrón con cajas de enfriamiento controlado. Luego, el alambrón se forma en espiras con la Bobinadora para su formación en rollos y finalmente son embalados e identificados.

- **El tren laminador N° 2:**

  Destinado exclusivamente a la fabricación de barras de construcción. El proceso de laminación es similar al tren laminador N°1, se calienta la palanquilla en el horno y es laminado, ya sea con carga caliente o fría, en el tren hasta obtener la forma del producto final y con mejoras en sus propiedades mecánicas. La diferencia que tiene el nuevo tren laminador, es que posee la línea de alta velocidad, que consta de dos bloques acabadores (BGV) y Cajas de Enfriamiento controlado, el cual se realiza el proceso a dos hilos con un mayor ritmo de producción el cual tiene la capacidad de fabricar 120 t/h.[9]

[9] Título: Proceso de Laminación
Autor: Corporación Aceros Arequipa S.A

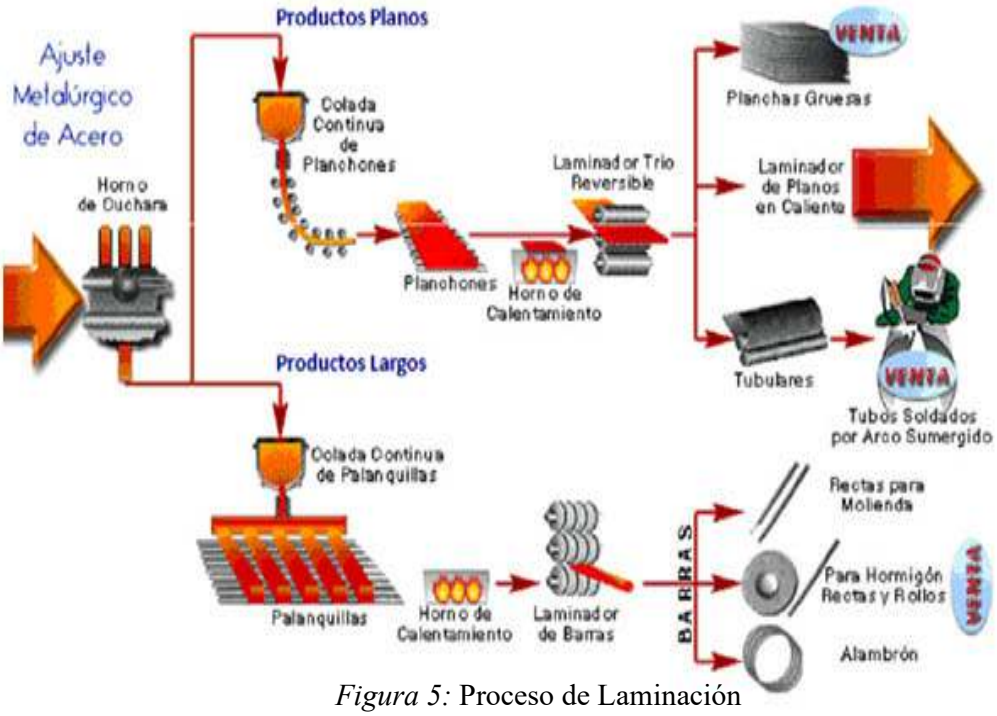


Figura 5: Proceso de Laminación
Fuente: arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/proceso-siderurgico

El mercado peruano tiene dos grandes líneas de productos:

• Productos largos, los cuales se destinan principalmente a la construcción y, en menor medida, a la industria metalmecánica y a la minería, entre ellos: barras de construcción, alambrón, barras lisas y perfiles, los cuales en conjunto representan 65% de la demanda total;

• Productos planos o laminados, los cuales están destinados a los sectores de manufactura, de minería y de construcciones metálicas, entre ellos: planchas de acero, bobinas de acero, planchas galvanizadas y bobinas galvanizadas (35% de la demanda total).[10]

[10] Tesis: "Valorización de Aceros Arequipa"
Autor: Sr. Luis Morales García – Sr. Carlos Nakama Teruya – Sr. Raúl Pari Valencia
Edición: 2016

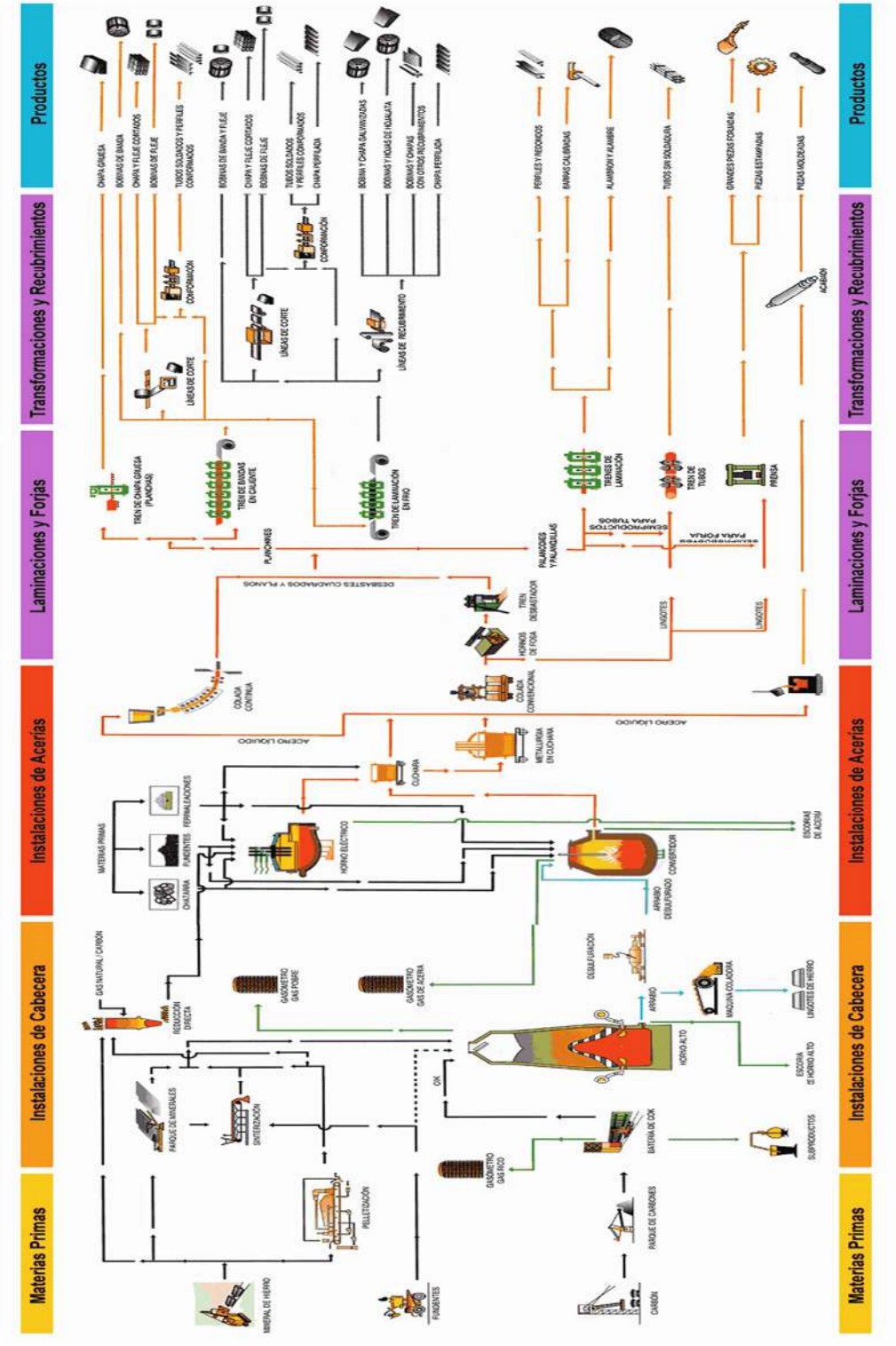


Figura 6: Proceso de Fabricación del Acero
Fuente: UNESID – PROCESO SIDERURGICO 2002

- **ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO**

La fabricación de acero mediante la tecnología del Horno Eléctrico de Arco (EAF) y el posterior 'afino' en Horno Cuchara (LF) produce dos tipos de escoria:

Figura 7: Producción de Escoria de acuerdo a Fases
Fuente: TAMARA HERRERO VÁSQUEZ (ESPAÑA 2015)

Ya habiendo definido que la principal materia prima empleada para la fabricación del acero es la chatarra de hierro, cómo también los pellets.

Figura 8: Escoria de Arco Eléctrico
Fuente: CEDEX – Ficha Técnica

En resumen:

- En la Etapa de Fusión, incluye una serie de fases como la oxidación, dirigida a eliminar impurezas de manganeso y silicio, la desfosforación y la formación de escoria en la que se acumulan todas las impurezas. Al final de todas estas fases se extraen las escorias negras.
- En la Etapa de Afino, incluye la desoxidación que permite, eliminar los óxidos metálicos del baño la desulfuración y descarburación del acero. El líquido fundido procedente del horno eléctrico se alimenta al horno-cuchara, se cubre con una escoria llamada Escorias blancas y se agita con el soplado de gas inerte (argón).

Las Escorias Siderúrgicas según la Corporación Aceros Arequipa S.A, suelen clasificarse en:

- Escorias
- Polvos de Acería (Polvo de Bag House, Planta de Humos)
- Refractarios (Concreto Refractarios)
- Arenas de Fundición
- Cascarillas de Laminación (Llamados también Laminillo)
- Oversize y Undersize (Fracción gruesa y fina del Proceso de Producción de Briquetas)
- Finos de Mineral y Finos de Pellets

- **ANTECEDENTES:**

También, según la tesis **VIABILIDAD PARA EL USO DE LA ESCORIA DE ACERÍA ELÉCTRICA COMO AGREGADO EN MEZCLA ASFALTICA EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE - Choque Hinojosa, Rubén**, define a la escoria de arco eléctrico como el subproducto del proceso de acería, que se constituye como producto de la oxidación de las impurezas, como también la adición de cal para formar las escorias. La cantidad de Escoria va de la mano de la cantidad de materia prima que se utiliza y al grado de mentalización del hierro esponja. Según Choque, especifica que las escorias poseen porcentajes importantes de Oxido Ferroso (FeO), y sus densidades alcanzan alrededor de 3.5 gr/cm^3 pero con bajo valor en su densidad aparente, debido a que estas escorias poseen porosidades en su estructura física. Su obtención de la escoria desde que sale a una temperatura aproximadamente de 1590ºC, es depositada en un recipiente de material refractario, y reposa de 6 a 12 horas; donde es removida con la ayuda de un cargador *(Proceso parecido al de Aceros Arequipa S.A)* y enfriada con agua para luego ser depositado en las canteras establecidas (SiderPerú). Como ya es mencionado Aceros Arequipa S.A, divide a través de una planta separadora de metal, en el cuál tanto las escorias metálicas y no metálicas, para volver a ser usadas en el proceso de Acería y las demás a ser depositadas en sus canteras.

Según la Tesis doctoral de **APROVECHAMIENTO DE ESCORIAS BLANCAS (LFS) Y NEGRAS (EAFS) DE ACERÍA ELÉCTRICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y EN CAPAS DE FIRMES DE CAMINOS RURALES de la Doctora Vanesa Ortega López,** define que:

La fabricación de acero en el Horno de Arco Eléctrico EAF (ya explicada), existe un proceso en que se añaden materiales formadores de escoria, que protegen el revestimiento refractario del horno y que están constituidos en su mayor parte por cal, sílice, magnesia y alúmina.

El Proceso de la Escoria en su obtención, existen 2 fases en que obtenemos dos ejemplares, a continuación, se especifica:

- **Desfosforación:**

Una vez concluida la fase de fusión de las materias primas, se elimina el fósforo oxidando del caldo de acero con un soplado mediante lanza de oxígeno. Este proceso, además de eliminar el fósforo combinado, produce la oxidación de otros metales que impurifican la mezcla, formándose óxidos metálicos que se mezclan con los componentes de la escoria que sobrenada en la superficie. La composición de estos óxidos metálicos es variada, desde óxidos de silicio, carbono, manganeso y cromo, hasta pequeñas cantidades de óxidos de hierro que de forma inevitable también se combinan con la escoria.

Como el proceso de desfosforación y oxidación de los metales se realiza a altas temperaturas y genera mucho calor, los óxidos formados y mezclados con las escorias se combinan con los componentes de éstas, determinado así la composición final del residuo resultante.

La escoria formada tiene como componentes mayoritarios óxidos de cal, sílice, magnesia, alúmina y de hierro y en ella predominan los óxidos de carácter "ácido", como la sílice, la alúmina y el óxido de hierro, frente a los óxidos de carácter "básicos" como la cal y la magnesia. Como componentes minoritarios contiene óxidos de cromo, manganeso y fósforo. Una vez solidificada la escoria obtenida presenta un color negro, debido principalmente a los óxidos de hierro formados en el proceso de oxidación. Esta escoria es denominada como **"Escoria Negra"**[11]

- **Desulfuración**

El tratamiento de acero mediante Hornos de Cuchara puede aplicarse tanto a caldos obtenidos en Hornos Eléctricos de Arco EAF, como en Hornos de Convertidor de Oxígeno BOF.

El objetivo que perseguimos en el tratamiento de los caldos mediante Hornos de Cuchara LF es conseguir un caldo de acero de mejor calidad, con una composición más ajustada y purificada, eliminando los productos que puedan dañar al acero.

El afino con Horno Cuchara mejora la composición química del acero proveniente de la fase primaria mediante la desoxidación, desulfuración y eliminación de gases incluidos en el seno del caldo, mientras éste se encuentra localizado en la cuchara de transporte. Para facilitar este proceso se introducen en el Horno Cuchara junto a los caldos materiales formadores de una escoria de carácter básico, con un fuerte contenido en cal, que denominamos **"Escoria Blanca"** y que se forma a razón de 80-90 Kg. de escoria por tonelada de acero producido. [12] La composición mineralógica de la escoria blanca está compuesta fundamentalmente por silicatos cálcicos y aluminatos cálcicos. Presenta también entre un 5 y un 15 % de cantidades de cal y magnesia no combinadas.

Una vez concluido los procesos de desoxidado y desulfuración del caldo de acero y ajustada su composición, se purga el caldo por el fondo de la cuchara, por lo que la escoria sobrenadante desciende de nivel hasta el fondo de la misma.

Una vez extraído el caldo de la cuchara, la escoria se retira en recipientes que la vierten en un acopio, junto con tongadas de procesos anteriores. Al entrar en contacto con la temperatura del ambiente exterior la escoria se disgrega y desintegra por dos procesos internos diferenciados:

- Al depositarse la escoria en el acopio o vertedero a temperatura ambiente se produce un enfriamiento de los silicatos bicálcicos que cambian de forma alotrópica. Este fenómeno se produce en torno a 400-500º C y el color de la escoria toma un tono gris blanquecino.
- La cal y magnesia libres en forma de óxido entran en contacto con la humedad ambiental o con el agua de lluvia y se hidratan parcialmente; la magnesia en realidad lo hace muy despacio. Ambos compuestos pasan respectivamente a la forma de hidróxido de cal y de magnesia, lo que produce un incremento de volumen, con las consiguientes tensiones que a su vez va a cuartear más aun la escoria. El color es cada vez más claro y su aspecto pulverulento.

[12,12,13] Tesis: "Aprovechamiento de Escorias Blancas (LFS) y Escorias Negras (EAFS) de Acería Eléctrica en la Estabilización de Suelos y Capas Firmes de Caminos Rurales"
Autor: Dra. Vanesa Ortega López
Edición: España 2015

Los restos de acero que salen junto con la escoria son retirados mediante electroimanes que los recogen y devuelven al proceso de fabricación como materia prima. Las escorias blancas se vierten en una explanada o piscina de regado.[13]

Según los procesos que pasa la escoria en el proceso de Acería, se definen los siguientes tipos:

- **Escorias Negras**:

Las Escorias Negras, se producen desde el proceso de Desfosforación del Horno Eléctrico, por ello en la planta de tratamiento, se somete a los siguientes procesos:

a. Trituración o molienda hasta tamaños clásicos propios de los áridos convencionales (hasta 50 mm de tamaño máximo).
b. Separación magnética de la máxima proporción posible de partículas de hierro metálico, las cuales son recuperadas como carga nueva del horno eléctrico de arco. Por lo demás, son partículas no deseadas en el empleo como árido de las escorias.
c. Tamizado y separación de diferentes tamaños.
d. Envejecimiento espontáneo por exposición de la escoria a la intemperie.

Tras dichos procesos, la escoria queda preparada para su uso posterior, estando éste en función de sus características propias como material y de las posibilidades del mercado del entorno geográfico. La planta de clasificación y estabilización de la escoria lleva a cabo las siguientes operaciones con la misma:

En primer lugar, las escorias se llevarán a la planta de clasificación y tratamiento de camiones procedentes de la acería. Una vez en la planta primeramente se realiza un precribado para separar áridos, donde se separan los áridos de tamaños mayores a 50 mm., los cuales pasan a machaqueo posterior. Posteriormente, cada huso granulométrico es conducido a la zona de humectación-volteado en ciclos sucesivos. **(Tesis – Ortega López – ESPAÑA 2015)**

Según el informe CEDEX define que estas escorias:

"Tienen latente el riesgo de expansión y de hinchamiento, por lo que es muy importante evaluar su potencial expansivo y limitar su uso cuando sobrepase los valores establecidos. Debido a su porosidad, su angulosidad, y a la falta de finos, las

escorias pueden resultar incómodas de extender y compactar, por lo que suelen combinarse con otros áridos para mejorar estos aspectos.

Se ha comprobado que un adecuado tratamiento, y una clasificación y selección de las escorias en la planta, pueden proporcionar sin problemas **áridos** de calidad para ser utilizados **en mezclas bituminosas.** Estos áridos poseen un buen coeficiente de Los Ángeles y un excelente coeficiente de pulimento acelerado, que los hace **especialmente** utilizables en **capas de rodadura**. La composición química y el carácter básico de las escorias garantizan una buena adhesividad con los betunes convencionales. El principal problema que se plantea en la fabricación de mezclas con estos áridos es la falta de finos en la fracción más pequeña. Una dosificación de áridos adecuada, desde un punto de vista técnico, es la que combina árido grueso escoria y árido fino calizo.

Según la información, recomiendan que este tipo de Escoria no deba utilizarse en capas estabilizadas de cemento o junto a obra de o fábrica u otros elementos que restrinjan las posibles expansiones, ya que podría producir daños, grietas o posibles fallos estructurales al concreto y estructuras.

Además, el informe define que:

Los áridos procedentes de las **escorias negras** de acerías de hornos de arco eléctrico tienen una elevada densidad relativa, entre 3,1 y 4,5, muy por encima de la de los áridos naturales. Esta diferencia hay que tenerla en cuenta en las dosificaciones y al considerar los costes de transporte.

La absorción de agua de la escoria presenta en general valores entre 1% y4% en volumen y en algunos casos próximos al 7 %. Esta absorción puede influir en la durabilidad si el árido va a estar sometido a ciclos de hielo-deshielo o humedad-sequedad. Las partículas son duras, con coeficientes de desgaste Los Ángeles entre 17 % y 25%, e inferiores […] Debido a la presencia de óxidos de cal y magnesio libre en su composición, las escorias negras de acería tienen **naturaleza expansiva**. La cal libre se hidrata rápidamente y puede originar grandes cambios de volumen en pocas semanas, mientras que la hidratación del magnesio se produce mucho más lentamente. Los lixiviados de estas escorias pueden tener un pH superior a 11, y por tanto, presentar problemas de corrosión en las tuberías de aluminio y acero que se coloquen en contacto

directo con ellas. [13] Mientras las **Escorias blancas,** presentan en su composición silicatos tricálcico y bicálcico, aluminoferrito tetracálcico, aluminato tricálcico y ferrito dicálcico.

- **Escorias Blancas:**

Durante la fabricación siderúrgica, ya sea en un estado intermedio o final, aparece un producto que sobrenada y flota en la superficie de los caldos líquidos de las aleaciones férreas y que es sólido una vez enfriado; es a este material al que de forma cotidiana se denomina escoria siderúrgica. Cuando la escoria se forma en la fase de afino o metalurgia secundaria, es conocida como escoria blanca o LFS **(Ladle Furnace Slag) (PÉREZ 2015)** En el proceso del acero en el horno de cuchara (segunda fase del proceso de fabricación del acero) se obtiene la escoria blanca con una proporción entre 40 y 70 kg por cada tonelada de acero producido. Las escorias blancas poseen una cantidad alta de finos, que provienen del fenómeno de pulverización del silicato bicálcico durante el enfriamiento de la escoria. Las escorias blancas tienen un índice se basicidad entre 3 y 4, con una proporción de cal que puede llegar a ser del 52%. La proporción apreciable de cal libre y de óxido de magnesio pueden llevar asociado a fenómenos de expansión si se hidratan. *Al contrario de las escorias negras, el contenido de hierro y sus óxidos, son prácticamente nulos.* En cuanto a los metales pesados se refiere la mayoría de ellos son bastante bajos, pues no da lugar a ningún inconveniente en su uso.[14]

En conclusión:

La escoria de acería de horno eléctrico se produce en dos etapas: de la fusión en el horno eléctrico donde se obtiene la escoria negra y del afino·posterior en el horno de cuchara donde se obtiene la escoria blanca. La escoria negra es la que se analizó para su empleo en obras viales.

Según Aceros Arequipa S.A, la escoria negra obtenida es sometida a un enfriamiento lento, formando una capa cristalizada y vacuosa, con alto contenido de poros y mínima

[13] Título: Escorias Blancas y Escorias Negras
Autor: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)
Edición: España 2011

[14] Tesis: Estudio de Durabilidad del Hormigón con áridos Siderúrgicos de Horno de Arco Eléctrico
Autor: Yolanda Pérez Fernández
Edición: España – Catalunya – 2015

reactivídad potencial, para luego ser sometidas a un proceso de chancado y zarandeo para extraer el fierro remanente que retornará al horno eléctrico quedando áridos de escorias negras con tamaño efectivo de 2 pulgadas cuyas características se asemejan a la de un agregado tradicional y estas son acopiadas para su envejecimiento.

- COMPOSICIONES QUÍMICAS:

Composición química	% en peso	Metales pesados	mg/kg
CaO	25-35	As	<15
CaO_{libre}	0-4	Cd	<30
SiO_2	8-18	Cr_{total}	5000-22000
Al_2O_3	3-10	Cu	<300
MgO	2-9	Hg	<0,5
Fe_{total}	20-30	Ni	<70
Mn_{total}	2-8	Pb	<90
		Zn	<900

ESCORIA NEGRA

Composición química	% en peso	Metales pesados	Mg/kg
CaO	30-52	As	<25
$Ca\ O_{libre}$	1-10	Cd	<0,5-2
SiO_2	8-23	Cr_{total}	100-5000
Al_2O_3	3-20	Cu	5-100
MgO	6-12	Hg	<0,01
Fe_{total}	0,5-2	Ni	5-100
Mn_{total}	0,5-3	Pb	5-100
		Zn	5-100

ESCORIA BLANCA

Tabla 2: Composición Química y Contenido de Metales de Escoria Negra y Escoria Blanca
Fuente: Mansó 2001 – Geiseler 1991, 1995 – Lasánez 2005

- **TRATAMIENTO A LAS ESCORIAS:**

Hinojosa (2012), "En los procesos de escoria se pueden manejar una gran variedad de materiales como la escoria de acero, escoria de cuchara, escorias de fosas entre otros. Estos atriales deben ser separados de la fuente, y bien definidas las prácticas de manejo de los materiales, estas deben estar en diferentes lugares para evitar la contaminación de la escoria de acero en forma global […].

El **tratamiento de escorias** de acero para la recuperación de los metales no sólo es importante para eliminar el exceso de acero y su reutilización en la planta siderúrgica, sino también es importante para facilitar la utilización de la escoria de acero sin partes metálicas para ser usada en la construcción civil. Este material de escoria no metálica puede ser aplastada y seleccionada para el uso como agregado (agregados de escoria de acero), o sinterizados y reciclados como material de flujo en el hierro y hornos de acero.

Los agregados de escoria de acero en general, presentan una propensión a crecer volumétricamente, esto es debido a la presencia de cal libre (CaO) y los óxidos de magnesio (MgO) que no han reaccionado con el silicato, estructuras que pueden hidratar y aumentar el volumen en ambientes húmedos. Este carácter potencialmente

expansivo (cambios de volumen de hasta el 10 por ciento o más atribuibles a la hidratación de óxidos calcio y magnesio) podría causar dificultades con algunos elementos que contengan la escoria de acero.

La escoria de acero destinado a ser utilizados como agregado debe ser almacenado al aire libre durante varios meses para exponer el material a la humedad y las precipitaciones naturales y/o la aplicación de agua por aspersión. El propósito de tal almacenamiento (envejecimiento), es permitir que potencialmente se elimine la hidratación y expansión a llevarse a cabo antes del uso de los materiales en aplicaciones globales. Existe una amplia variación en la cantidad de tiempo necesario para la adecuada exposición a los elementos. Hasta 18 meses pueden ser necesarias para el hidrato de óxidos expansivos"[15].

- **APLICACIONES EN PROYECTOS E INVESTIGACIÓN:**

Según el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX – Colombia), define a la Escoria de Arco Eléctrico en diferentes trabajos de obras civiles, tenemos:

  - **Obras de Tierra y Terraplenes:** Según CEDEX define que la escorias blancas pueden ser utilizadas en la estabilización de suelos y como material para construcción de terraplenes.

Se presenta como antecedente en el Perú**, la tesis "ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE MEDIANTE EL USO DE SUB RASANTE MEDIANTE EL USO DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS EN LA PAVIMENTACIÓN DEL JR. BOLOGNESI DEL PP. JJ DOS DE MAYO - CHIMBOTE**", en el que define a la Escoria como material de estabilización del terreno, en este caso se tuvo un suelo tipo SM (Arena Limosa), en el que poseía un CBR de 9.30% y al añadirse proporciones de 10 a 30% de Escoria, el CBR aumentó a 42.94% lo cual significa un aumento de 361.72%, es por ello que concluyó la tesis en que su diseño de pavimento

[15] Tesis: Viabilidad para el Uso de la Escoria de Acería Eléctrica como Agregado en Mezcla Asfáltica en la Ciudad de Chimbote.
Autor: Choque Hinojosa, Ruben Darío – Universidad Nacional de Huancavelica
Edición: Chimbote – Perú - 2012

flexible mediante el AASHTO 93, sus espesores sean reducidos en comparación a un pavimento flexible convencional. [16]

- **Firmes de Carreteras:** Según CEDEX, las escorias negras tratadas, se ven utilizados en coronación de explanadas, subbases y bases de carreteras. *Tienen latente el riesgo de expansión y de hinchamiento, por lo que es muy importante evaluar su potencial expansivo y limitar su uso cuando sobrepase los valores establecidos*. Debido a su porosidad, su angulosidad, y a la falta de finos, las escorias pueden resultar incómodas de extender y compactar, por lo que suelen combinarse con otros áridos para mejorar estos aspectos (Existe investigaciones como la aplicación del Polvo de Baghouse, como agregado fino junto a la Ecogravilla). Estas escorias necesitan ser controladas y tratadas.
- **Mezclas Asfálticas:** La escoria posee un gran porcentaje en resistencia a la Abrasión de los Ángeles, lo cual permite ser aplicado también para el diseño de mezcla en capas de rodadura. Según Hinojosa (Huancavelica – 2016), realizó una investigación respecto al uso de escoria como agregado para diseño de mezcla asfáltica, en el que concluyó que la escoria posee desventajas como la falta de finos en su granulometría, denominándolo subsanable, mientras su ventaja fue que permite su reciclaje en el diseño de mezclas asfálticas. Podemos resaltar dificultades en la aplicación a mezclas asfálticas:
  - Su elevada densidad supone no sólo un mayor peso de la unidad construida, sino también una dosificación volumétrica diferente de las relaciones ponderales habituales.
  - Su mayor absorción conlleva mayor contenido de mezcla asfáltica.
  - La variabilidad de las dos magnitudes anteriores, densidad y absorción, obliga a cuidar todos los procesos involucrados en el tratamiento de la escoria para mantener bajo control la composición volumétrica de la mezcla bituminosa.

[16] Autor: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)
Edición: 2015 - España

- Su diferente textura superficial, aunque afecta positivamente al rozamiento neumático-pavimento en las capas de rodadura, puede producir nuevas diferencias sobre las relaciones volumétricas esperadas entre ligante y áridos.

Se presenta como proyecto ejemplar, el Proyecto de la Nueva Autopista "San Andrés" – Autopista Pisco y Chincha, lo cual usaron cerca de 350,000 toneladas de Ecogravilla (Escoria) para toda la extensión de la Autopista.

- **Edificación y Obra Pública:** En el campo de la Edificación, existen estudios que han implementado las **escorias negras** podrían utilizarse en la industria del cemento y como árido para el hormigón. Es decir, su uso se ve generalizado en: (*)
  - **Utilización en Cementera**
  - **Utilización en áridos para morteros**
  - **Utilización en áridos para concreto**

(*) Se generalizó estos conceptos en los tipos de Escoria

Podemos hacer mención como ejemplo, a la tesis (Corcuera Sigüenza, Vela Fernández – Trujillo 2018): **"IMPACTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN DE LA PIEDRA POR ECOGRAVILLA DE ESCORIA DE ACERO, TRUJILLO - 2018"** en el que utiliza ciertos variaciones en porcentaje (desde 20% a 65%), de la Ecogravilla en el diseño de mezcla, elaborando probetas y evaluando su Resistencia a la Compresión, en el que concluye que el uso de la Ecogravilla (Escoria), en el diseño de mezcla en un 50% de la dosificación del Concreto, aumenta un 12%, 25.60% su resistencia al esfuerzo de compresión y disminuye en 67%, 59% la permeabilidad en el concreto elaborado con Cemento tipo ICO y V, respectivamente. Además, generaliza que el uso de este material otorga muchas bondades para la durabilidad del concreto, teniendo controlado las dosificaciones y granulometría del material.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA ESCORIA:

- **VENTAJAS:**
    - **EN MEZCLAS ASFÁLTICAS**

"El uso de escoria en mezclas asfálticas, brinda a los pavimentos características que mejoran su desempeño con respecto a los elaborados con agregados tradicionales algunas de estas son:

- Permanencia en el color de la mezcla a través del tiempo, lo cual garantiza mejor visibilidad de la señalización horizontal.
- La característica de mayor retención de la temperatura de la mezcla (mejor tasa de enfriamiento) significa que pueden lograrse mezclas con menor temperatura inicial en el caso de grandes distancias de acarreo. Esta propiedad también ayuda en la trabajabilidad de la mezcla durante su colocación, ya que se alarga los periodos de compactación.
- Estabilidad Marshall elevada, presentando menores posibilidades de fallas por ahuellamiento.
- Excelentes propiedades de afinidad con el cemento asfaltico, lo cual significa muy poca "denudación de la mezcla" ante los efectos del clima y tráfico.

    - **TRATAMIENTOS SUPERFICIALES:**

La escoria presenta excelentes propiedades en su empleo como tratamiento superficial, entre estas:

- Su alto y permanente valor de coeficiente de roce, proporciona mayor agarre entre el pavimento y los neumáticos de los vehículos, es decir menor posibilidad de patinaje.
- La permanencia del color oscuro, significa mayor visibilidad de la demarcación horizontal.
- Excelente afinidad hacia el asfalto, es decir su excelente adherencia, no se desprende de la superficie del tratamiento ante el efecto del tráfico.
- Compatibilidad con cualquier tipo de asfalto, desde los cementos asfálticos hasta las emulsiones.

- Alta resistencia al pulimento, lo que garantiza también que se mantiene la forma irregular y la textura áspera de las partículas, con su beneficio adicional sobre la buena adherencia.

  - **BASES GRANULARES:**

La escoria de acería conforma el mejor agregado que pueda ser utilizado en la construcción de bases granulares, ya sea en mezclas 100% escoria o en mezclas con polvillo de cantera o arena, debido a:

- Bajo costo comparado con cualquier otro material pétreo de la zona.
- Excelente valor de CBR (150%-300% en la escoria contra 85%- 100% en los agregados pétreos tradicionales) proporcionando mayor durabilidad ante la misma intensidad de cargas y espesor de construcción o la posibilidad de reducir el espesor de la capa de base.
- Permanencia de la estabilidad de la base granular, debido a la mayor resistencia mecánica de la escoria.
- Mejor comportamiento ante el efecto del agua, debido a la inexistencia de fracción fina plástica en las escorias.
- Reducción de los espesores de pavimentos asfálticos requeridos sobre una capa base de escoria.

- **DESVENTAJAS**:

Su alto valor de peso unitario en estado suelto (mayor a 1900Kg/m3} y al ser compactada como mezcla asfáltica (cercano a los 300 Kg/m3) pueden incidir en el costo adicional en el transporte y en el valor de mezcla asfáltica por m3"[17]

[17] Tesis: Viabilidad para el Uso de la Escoria de Acería Eléctrica como Agregado en Mezcla Asfáltica en la Ciudad de Chimbote.
Autor: Choque Hinojosa, Ruben Darío – Universidad Nacional de Huancavelica
Edición: Chimbote – Perú - 2012

- **LA ECOGRAVILLA**

La Ecogravilla o Escoria de Arco Eléctrico Triturado, es un subproducto del proceso de acería del Arco Eléctrico, comercialmente llamado como Ecogravilla (por Corporación Aceros Arequipa S.A), considerado como reemplazo de la piedra tradicional, utilizado para la construcción de bases, subbases, Diseño de Mezcla de Concreto, el uso en Muros de Concreto Armado. En la escoria posee ciertas cantidades para ser despachados o de vuelta reutilizados como materia prima para el proceso de Acería, entre el 10% – 15% se encuentra material metálico ferroso, y del 85-90% se transforma en ecogravilla lo cual va a una planta de chancado.

- **BENEFICIOS:**
  - Para la construcción de carreteras se utiliza "Grava" o "Gravilla", que puede ser extraída de canteras (minería no metálica) o de los cauces de ríos, afectando no sólo las condiciones del suelo natural (geomorfología, y modificación de propiedades) por explotación de estos, sino también, generando una pérdida de la biodiversidad (flora y fauna) y afectación a la calidad de aire por la generación de emisiones como material particular en el proceso de extracción. En ese sentido, al ser un material alternativo que al usarse evita todos estos impactos ambientales es que se denominó como "Ecogravilla"
- **REPORTES DEL MATERIAL:**
  - **Según el reporte de Sostenibilidad de la Corporación Aceros Arequipa S.A 2016:** El uso de la Ecogravilla fue aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases en obras de pavimentación. La Corporación indicó además su producción en el 2016, como una cantidad de 10 mil Toneladas de Ecogravilla por mes.

Figura 9: Cantera de Ecogravilla a de CAASA
Fuente: Página de Corporación de Aceros Arequipa S.A

- **Según el Reporte de Sostenibilidad de la Corporación Aceros Arequipa S.A 2017,** define a la Ecogravilla para el uso en:

"1**) Construcción de subbase, base subrasante en obras de pavimentación. CAASA cuenta con el Oficio Nº 692-2012- MTC/14 y el Informe Nº 031-2012-MTC/14.01**, emitido por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el cual concluye que las escorias de hornos eléctricos pueden incorporarse a la normativa vial como material alternativo en trabajos de mejoramiento de subrasante, subbases y bases, siempre que cumplan con las especificaciones técnicas señaladas en cada caso.

También podría utilizarse como:

2) Reemplazo de la piedra granulada y arena para la fabricación de estructuras de concreto; por ejemplo: bloques de concreto. Esto permitiría utilizarlas como barreras cortaviento en el almacenamiento de subproductos industriales o para la construcción de cercos perimétricos."

- **Informe Nº692 – 2012 – MTC/14 (Anexo 1)**
- **Informe Nº031 – 2012 – MTC/14.01 (Anexo 2)**

- ***ANTECEDENTES EN PROYECTOS VIALES:***
  - Relleno de paso a desnivel en el sector de San Andrés.
  - Construcción del intercambio vial de San Andrés

Estos proyectos tuvieron un uso total de ecogravilla cerca de 350 mil toneladas a la Empresa de Construcción y Administración S.A para el Proyecto "Red Vial Nº 6 (Carretera Chincha – Ica)

Figura 10: Extensión y Compactación de la Ecogravillla – Autopista Chincha - San Andrés
Fuente: Corporación de Aceros Arequipa S.A

Figura 11: Extensión y Compactación de la Ecogravillla – Autopista Chincha - San Andrés
Fuente: Corporación de Aceros Arequipa S.A

Figura 12: Nueva Autopista Chincha – San Andrés – Ecogravilla
Fuente: Página de Corporación de Aceros Arequipa S.A

PRODUCCIÓN:

Actualmente Aceros Arequipa S.A, posee una producción de 7,500 toneladas de Ecogravilla mensuales, y a su disposición en canteras posee a stock, una cantidad aproximada de 80 mil toneladas dispuestas en donación para el uso en distintos proyectos.

Sub Producto	Generación Promedio
Escoria de Horno Eléctrico	8,750.00 Toneladas
Ecogravilla	8,125.00 Toneladas
Fierro Metálico	625.00 Toneladas

Tabla 3: Producción Promedio Mensual de la Ecogravilla
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A

En la Planta de Pisco, Aceros Arequipa S.A, posee en stock cantidades de Ecogravilla, desde finos hasta materiales gruesos con y sin triturar.

Según la tesis de ***IMPACTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN DE LA PIEDRA POR ECOGRAVILLA DE ESCORIA DE ACERO, TRUJILLO – 2018,***

afirma que en el año 2016 fue el cuarto país que más produjo acero y el tercero en producirlo en horno de arco eléctrico. Resaltando que tanto la Empresa de Aceros Arequipa S.A y SIDERPERÚ, elaboran en su totalidad escorias de acero a partir de sus hornos eléctricos, donde Aceros Arequipa es quién más produce cerca de 143 kg/ton de acero al año.

- **CLASIFICACIÓN GENERAL DE ESCORIAS**:

Según **Amaral de Lima** en su tesis ya mencionada, define qué las escorias que salen del proceso de acería, Las escorias enfriadas al aire son las que se dejan al exterior hasta llegar a la temperatura ambiente, las escorias granuladas se obtienen enfriando rápidamente con agua, aire comprimido o con agua y aire; y las escorias expandidas se obtienen también por enfriamiento rápido, pero con una cantidad controlada de agua, aire y vapor. Las escorias expandidas y las **enfriadas al aire** (Ecogravilla) se utilizan en bases y subbases de carreteras, las granuladas se usan como adición activa de la fabricación del cemento Portland.

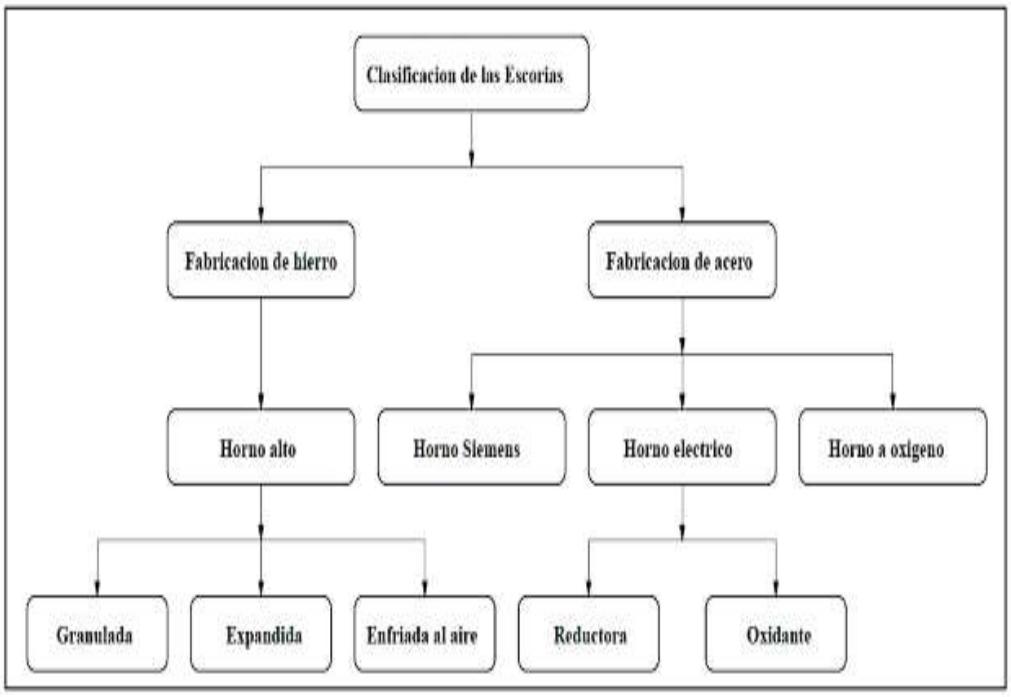


Figura 13: Clasificación de Escorias
Fuente: Tesis - Hormigones Con Escorias De Horno Eléctrico Como Áridos: Propiedades,

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

- **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

La Ecogravilla tiene superficialmente una textura rugosa, posee vesículas o celdas en toda su estructura cúbica y angular. Se caracteriza en que las celdas no se encuentran intercomunicadas y estas son formadas por los mismos gases atrapados en la escoria en caliente del proceso de acería, lo cuál que al momento de su solidificación y enfriado de este, se producen estas "vesículas" como salida de los gases.

Al poseer características como: textura rugosa, peso y angularidad, hace que sea vista como un agregado convencional para el uso en vías férreas, bases y subbases de pavimentos, pavimentos asfálticos como también tratamientos y sellos de estos. Se ha tomado como observación que la Ecogravilla, tiene capacidad de poder retener calor en temperaturas considerables, cómo las de Ica, esta propiedad es ventajosa para el diseño de mezclas asfálticas en caliente y ser extendidas en campo (desde planta).

Figura 14: Ecogravilla En Cantera
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A

Según el **Anexo 3**, del Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos y Pavimentos (CASA – COVIPERÚ), la Ecogravilla califica como un material de clasificación SUCS: GW – GM (Grava bien graduada – grava limosa), AASHTO: A-1-a (Descripción buena para bases y subbases).

La información Técnica de la Ecogravilla, presenta lo siguiente:

Granulometría	%
+125.0 (5")	4.9
-125.0 (5") a +50.0 (2")	29.8
-50.0 (2") a +25.0 (1")	45.8
-25.0 (1") a +19.5	2.4
-19.0 a + 12.5	3.4
-12.5 a +6.3	4.4
-6.3 +2.8	4.6
-2.8 +1.0	3.3
-1.0 +0.5	0.7
-0.5 +0.3	0.8

Tabla 4: Granulometría Ejemplar de la Ecogravilla
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A

De modo general, las escorias de acería presentan elevada masa específica, forma angular, textura superficial áspera, gran dureza y absorción de agua media. En relación a su uso como árido, presentan buena resistencia a la abrasión, fragmentación y compresión.

- **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

Según la Tesis de **"USO DE LAS ESCORIAS OBTENIDAS COMO SUB PRODUCTO DE LA ELABORACIÓN DE ACERO DE LA PLANTA Nº 2 DE ACEROS AREQUIPA – PISCO PARA FINES DE CIMENTACIÓN Y PAVIMENTACIÓN"** por el **ING. MARQUINA SIERRA, MARCOS ADRIÁN (2008),** en su investigación aportó las características Químicas que posee la Escoria:

Cao	19.73	%
Al_2O_3	8.78	%
SiO_2	16.46	%
MnO	3.58	%
MgO	5.94	%
Fe_2O_3	32.27	%
Ag	14.06	ppm
Cu	164.20	ppm
Cd	2.00	ppm
Cr	0.69	ppm
Ni	9.00	ppm
Fe	22.57	%
Pb	781.10	ppm
Zn	383.10	ppm
Carbono	0.15	%

Tabla 5: Componentes Químicos De La Escoria
Fuente: Tesis – Maquina 2008

A.Q.	%
Fe total	17.5
CaO	33.8
MgO	6.4
MnO	4.7
P	0.271
S	0.205
PbO	0.029
V	0.054
Cu	0.015

Tabla 6: Componentes Químicos De La Ecogravilla - 2017
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A

Comparando las tablas de los componentes químicos, la Corporación Aceros Arequipa S.A realiza un control de calidad de muestras en uno de sus 6 laboratorios, como también control para el depósito, clasificación, reutilización y extracción de material ferroso para nuevamente realizar el proceso de Acería. Podemos indicar:

- Óxido de Calcio, lo cual es un agente escorificante, mientras la cantidad aumenta, genera mayor retiro de impurezas (por flotación) en el acero. Este monóxido debe tener una Basicidad entre 2:1 con el Silicio. Este monóxido es característico de la Ecogravilla ya que gran parte de su estructura química está conformada por 90% de Escoria negra y 10% de Escoria Blanca.
- Óxido de Magnesio, lo cual permite la saturación de la escoria, reduciendo el desgaste refractario en la línea de escoria del horno eléctrico.

- Óxido de Manganeso, este monóxido se encuentra en rangos entre 5 – 10%, se encuentra en la escoria debido a que al realizar el momento de aleación se produce la oxidación del FeMn a más de 1800Cº

Se afirma que algunos países otorgan gran uso diferencial entre la dolomita y la cal por lo que genera el aumento de Oxido de Magnesio, Perez estableció una relación ya que mientras mayor es la relación entre CaO/SiO_2 menor será la disolución de MgO, por lo tanto se tiene una escoria de buena calidad.[18] A su vez clasifica a la composición química de escoria por procedencia, lo cual se tiene lo siguiente:

País	CaO (%)	MgO (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	FeO (%)	MnO (%)	P_2O_6 (%)	S (%)
Japón	40	4	25	5	19	7	-	0,006
Suecia	46	5	11	5	28	4	0,7	-
EEUU	41	10	17	8	18	4	0,6	0,2
Alemania	32	10	15	4	31	4	1,4	0,1
Brasil	33	10	18	6	30	5	-	-

Tabla 7: Composición Química de las Escorias según el país de procedencia
Fuente: Tesis – Pérez 2015

Nota 1: De acuerdo a la **Tabla 7**, se tiene que los valores de Composición química de Estados Unidos (**Tabla 6**) son muy similar a la de CAASA

Nota 2: Como cuadro general de composición química de escoria de acuerdo a las dos grandes acerías del país.

	CaO	SiO2	Al2O3	MgO	FeO	MnO	Sales
ACEROS AREQUIPA S.A	33.80%	16.46%	8.78%	6.40%	22.57%	3.58%	0.00%
SIDERPERU	35.70%	21.05%	4.92%	10.94%	23.28%	2.32%	0.00%

Tabla 8: Comparación de Composición Química
Fuente: Información Propia

PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS:

Las escorias de acero pueden ser tratadas fácilmente para satisfacer con las normas de MTC y ASTM. Esta especificación se refiere a la calidad y la clasificación de los siguientes materiales para uso en la construcción de sub base, base y Carpeta del Pavimento: las mezclas arena-arcilla, grava, piedra, escoria, arena o triturado de agregado grueso compuesto de grava, piedra triturada, escoria o cualquier

[18] Tesis: Estudio de Durabilidad del Hormigón con áridos Siderúrgicos de Horno de Arco Eléctrico
Autor: Yolanda Pérez Fernández
Edición: España – Catalunya – 2015

combinación de estos materiales. Es por ello que en el informe otorgado por Aceros Arequipa indica qué:

- Certifica que gran cantidad de escoria de acería de horno eléctrico procesado (chancado) acopiado en zonas autorizadas (Evaluación), cuyas características se asemejan a la de un agregado convencional. De acuerdo al estudio y aprobación de la escoria, evaluaron materiales convencionales de cantera junto a la escoria de horno eléctrico, en el que se concluyó hasta la actualidad, que la escoria posee una capacidad de CBR más alto que de los agregados convencionales, capaz de resistir el paso de los volquetes y materiales de acarreo. Cabe indicar que, dentro de la planta de tratamiento, la Ecogravilla ha sido parte de la pavimentación y estabilización de suelo de la planta de Aceros Arequipa S.A, cumpliendo hasta hoy las normas de calidad respectivas en pavimentos. Cómo también resaltar el óptimo estado de la Nueva Autopista San Andrés.

IMPACTO AMBIENTAL

El Proceso de Acería, procesa una serie de impactos al medio ambiente, lo cual toda empresa debe de realizar un proceso de minimización, optando por medidas de control y de calidad, con la finalidad de evitar degradar el ambiente que rodea, y dar a cambio un progreso o desarrollo sostenible en los diferentes campos de desarrollo. La Corporación Aceros Arequipa S.A, vela por el cuidado del medio ambiente, respetando los protocolos de calidad y la incentivación a que todos los procesos de trabajo presente la conservación del medio ambiente; la empresa busca:

- Fortalecer el proceso de acopio de residuos metálicos para incrementar el volumen, reducir los costos asociados y ser amigables con el medio ambiente.
- Mejorar los procesos de almacenamiento y transporte para reducir los costos y gastos logísticos.
- Incrementar la eficiencia en los procesos de acería y laminación

Figura 15: Ciclo de Vida del Acero
Fuente: Reporte De Sostenibilidad – Medio Ambiente - 2017

CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DE LA ECOGRAVILLA:[19]

CAASA, desarrolló estudios de peligrosidad lo que corresponde a Reactividad, inflamabilidad y corrosividad de la Ecogravilla. Lo cual considera un material NO PELIGROSO. A continuación, se detalla en tablas:

Parámetro		Unidad	ESTACIÓN DE MUESTREO	Límite Permisible Referencial
			Escoria en Desuso	
Reactividad	HCN	mg/kg	<0.125	250 (1.1)
	H_2S	mg/kg	<0.01	500 (1.1)
Inflamabilidad		mm/s	<2.2	2.2(1.2)
Corrosividad		mmpy	<6.35	6.35(1.3)

(1) Título 40: Protección del Medio Ambiente, Part. 261—Identificación y Listado de residuos peligrosos, Subparte C— Característica de residuos peligrosos.
(1.1) 261.23 Característica de reactividad.
(1.2) 261.21 Característica de inflamabilidad.
(1.3) 261.22 Característica de corrosividad.

Tabla 9: Resultados de Ensayos de Reactividad
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A

[19] *Información brindada por Corporación Aceros Arequipa S.A*

Parámetro		Unidad	ESTACIONES DE MUESTREO	Límite Permisible Referencial (1)	Límite Permisible Referencial (2)
			Escoria en Desuso		
Procedimiento Característico de Lixiviación	Arsénico	mg/L	<0.001	5 .0	NO PELIGROSO (No se encuentran trazas de metales pesados)
	Bario	mg/L	2.8	100	
	Cadmio	mg/L	<0.001	1	
	Cromo	mg/L	<0.001	5	
	Mercurio	mg/L	<0.0002	5	
	Plata	mg/L	<0.001	1	
	Plomo	mg/L	0.894	5	
	Selenio	mg/L	0.016	0.2	

(1) Título 40: Protección del Medio Ambiente, Part. 261—Identificación y Listado de residuos peligrosos, Subparte C — Características de residuos peligrosos. 261.24 Característica de toxicidad.
(2) Decreto Supremo 057-2004 PCM ANEXO 4

Tabla 10: Resultados de los Ensayos de Toxicidad Inorgánica
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A

Los procesos de acería en norma general, está presente diferentes reacciones químicas y compuestos solubles que podría considerarse contaminantes para los seres vivos o el ambiente de la zona de proyecto. Según investigaciones considera que el uso de las escorias en obras de pavimentación no resulta contaminante en la calidad de las aguas, cómo lo afirma:

"[…] La presencia de las pavimentaciones con escoria no supone afección significativa para la calidad de las aguas. La ausencia de metales en el agua indica que no se producen fenómenos de disolución y los bajos niveles de metales en sedimentos sugieren, que el arrastre mecánico de material de las pavimentaciones es inapreciable en los cauces próximos."[20]

[20] Investigación: Valorización de Escorias de Acería en la Construcción de pistas forestales (y II) Autor: Javier Ansorena, Félix Izco, Domingo Merino, Patxi Tamés

OEFA (ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL):

Es un organismo público, técnico especializado, adscrito al Ministerio del Ambiente de Perú encargado de la fiscalización ambiental en todo el territorio peruano. El OEFA ejerce dos clases de funciones: como entidad de fiscalización ambiental, ejerce funciones de supervisión ambiental directa, fiscalizadora y sancionadora, y como ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA) ejerce funciones normativa y de fiscalización a las entidades de fiscalización ambiental nacionales, regionales o locales.

Actualmente la OEFA, supervisa las DIA comprometidas de la Corporación Aceros Arequipa S.A, tratando de cumplir con los requisitos de tratado de medio ambiente contra las escorias, residuos y/o productos de acería que podrían contaminar el entorno de la planta. A su vez, de mantener el orden, limpieza y el bienestar de los operarios y funcionarios de la empresa.

La Corporación Aceros Arequipa S.A, mantiene al margen su posición en favorecer la conservación y el cuidado del medio ambiente, realizando los controles de calidad de los elementos expuestos al trabajo de acería: Aire, Agua, Suelo.

Figura 16: CAASA en Control de Calidad del Aire
Fuente: Corporación Aceros Arequipa S.A

GESTIÓN DE RESIDUOS:

La Corporación Aceros Arequipa S.A, realiza controles de gestión de Residuos para evitar la contaminación de su producto, de su misma integridad laboral y de sus trabajadores. Por lo que considera a los residuos, según el Reporte de Sostenibilidad:

- **NO PELIGROSOS:**
    - **Madera en Desuso:** Es utilizada por instituciones públicas y privadas para su reciclaje para el uso de cercado de viviendas, construcción de módulos. (145 Ton/año aproximadamente).
    - **Residuos Orgánicos:** Es generado de los comedores de planta, son utilizados en un sistema convencional de compostaje denominado "Ecosilos", lo cual degrada el material con microorganismos del propio suelo, lo que es aprovechado por las plantas y árboles. (168 Ton/año aproximadamente).
    - **Residuos Reciclables:** (110 Ton/año aproximadamente)
        - Reciclaje de Papel y plástico, se da en donación a la ONG Ayuda al Niño Quemado, lo cual recaudan fondos para ayudar a Niños víctimas de quemaduras y secuelas.
        - Reciclaje de parihuelas en desuso, residuos de cobre y carbón, son vendidos a una empresa comercializadora de residuos (EC-RS)
    - **Residuos de Planta NO peligrosos:** son manejados por una EPS-RS y son dispuestos finalmente en un vertedero (relleno sanitario autorizado por la autoridad competente).
    - **Residuos NO aprovechables, similares a los Domésticos:** son manejados por la Municipalidad Distrital de Paracas y dispuestos finalmente en el vertedero municipal.
- **PELIGROSOS:**

  Uno de los materiales peligrosos que posee la Corporación es el Aceite en desuso generado en las operaciones de mantenimiento y talleres de CAASA. Su tratamiento está dado por Legislación Ambiental. Es por ello que la

Corporación eligió una empresa comercializadora de residuos sólidos para que realice el tratamiento y reciclaje del aceite usado. Se Produce aproximadamente 100 toneladas anuales y a través de autorización legal, han podido ser dispuestas en Vertederos (2017)

GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

- **UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

  De acuerdo al plano **'ÁREA DE DESARROLLO URBANO Y OBRAS PÚBLICAS',** especificando el perfilado de las principales calle del Centro Poblado 'San José de Pinilla' (Centro), otorgado por la Municipalidad Distrital de Ocucaje.

- **UBICACIÓN POLÍTICA:**
  - Departamento : ICA
  - Provincia : ICA
  - Distrito : OCUCAJE
  - Localidad : SAN JOSÉ DE PINILLA
  - Lugar : CC.PP San José de Pinilla (Centro)

El Proyecto se encuentra ubicado en el distrito de Ocucaje, provincia de Ica, departamento de Ica a una altitud de 325 m.s.n.m., enmarcado entre las coordenadas 14°20'45" de latitud Sur y 75º40'00" de Longitud Oeste de Meridiano de Greenwich. En dicho distrito se encuentran los siguientes caseríos:

1. Barrio Nuevo
2. San José de Pinilla
3. San Felipe
4. Córdova
5. Tres Esquinas
6. Callango
7. Pampa Chacaltana
8. El Tambo
9. Paraya
10. Cerro Blanco
11. La Capilla

12. San Martín de Porras

El Distrito de Ocucaje cuenta con una superficie de 1,417.12 Km2, representando el 6.64% de superficie con respecto al Departamento de Ica, que es de 21,327.83 Km2 y el 17.95% de la superficie con respecto a la Provincia de Ica, que cuenta con 7,894.05 Km2. El Distrito de Ocucaje cuenta con 3,809 habitantes, siendo 1,219 habitantes en la zona urbana representando un 32% y 2,590 habitantes en la zona rural, representando un 68% teniendo una tasa de crecimiento ínter censal de 1.3%. Del análisis se desprende que en el Distrito de Ocucaje hay 2,019 hombres representando un 53% de la población y 1,790 mujeres que representan un 47%.

El Distrito de Ocucaje se encuentra ubicado en la parte Sur de la Provincia de Ica, siendo sus límites geográficos los siguientes:

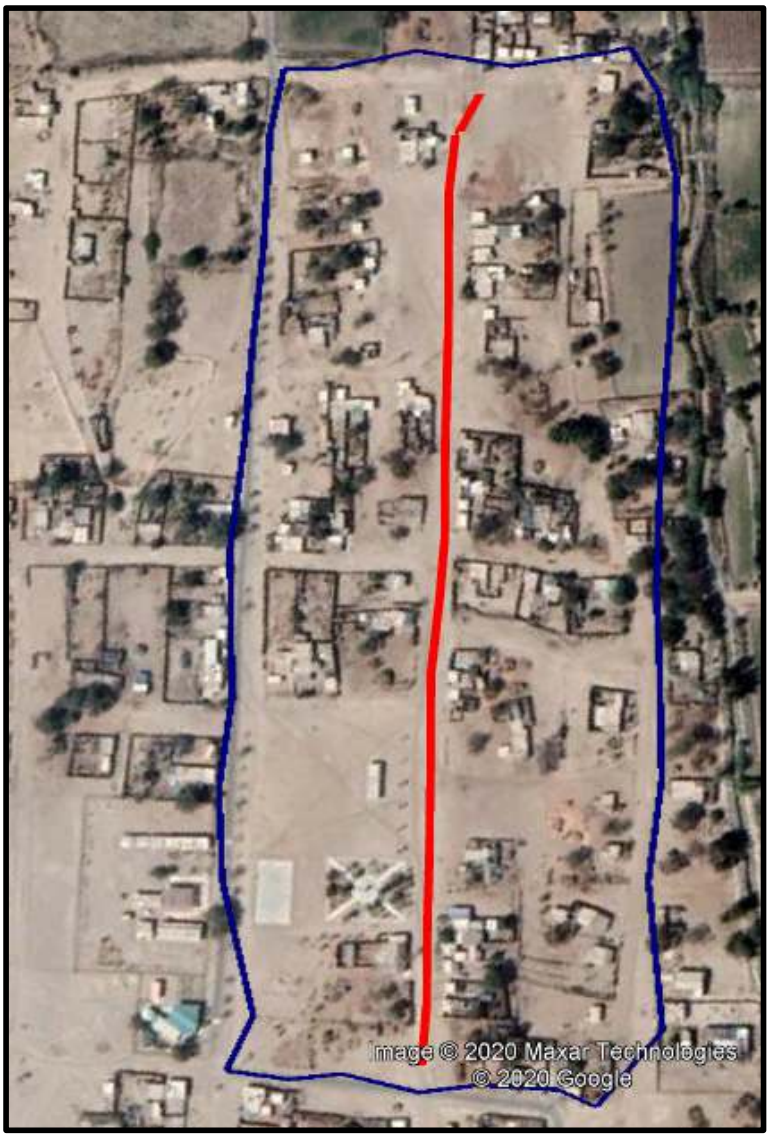
- ✓ Por el Norte con el Distrito de Santiago
- ✓ Por el Este con el Distrito de Santiago
- ✓ Por el Sur y Sur Oeste con el Distrito de Santiago
- ✓ Por el Oeste con el Océano Pacifico

Mientras que el Centro Poblado "San José de Pinilla" colinda con los caseríos de San Felipe, Virgen de Chapi y las Pampas de Chacaltana.

CARACTERÍSTICAS URBANAS:

- El Centro Poblado San José de Pinilla, posee a su alrededor viviendas entre material noble y de adobe, hasta la existencia de viviendas construidas con Quincha, existen alrededor cerca de 700 viviendas, dedicados a la Agricultura. Existe alrededor Centros Educativos y Consejo Comunal, dedicados al servicio de la población de San José de Pinilla
- La zona de estudio posee un terreno topográfico llano, con existencia de materiales de demolición, el suelo se caracteriza como material suelto, sin dificultades de excavación.
- En el rubro de Salud, el Distrito de Ocucaje cuenta con 03 Puestos de Salud que se encuentran ubicados en los Centros Poblados de Callando, Córdova y Pampa Chacaltana y 01 Centro de Salud.

- En el aspecto Educacional, la Tasa de analfabetismo en el Distrito de Ocucaje es de 9% representando el 6% de hombres y 12.6% de mujeres, la Tasa de analfabetismo en la zona urbana representa el 9.6%, hombres 7.4%, mujeres 11.9%. El nivel de desarrollo económico y social de un Distrito está vinculado estrechamente al grado de analfabetismo de este y en gran parte lo determina los niveles de analfabetismos, estos análisis reflejan fundamentalmente la situación del sistema educativo. [21]



[21] *INFORME TÉCNICO N° 001-2007-MDO/ATE*
Municipalidad Distrital de Ocucaje - 2007

SERVICIOS PÚBLICOS

Entre los principales servicios públicos que cuenta el Distrito de Ocucaje están los siguientes:

- Servicios de Saneamiento:

En el caso específico del distrito de Ocucaje, La Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento EPS EMAPICA S.A. es una Empresa Pública de derecho privado y tiene por objeto realizar las actividades propias a la Prestación de los Servicios Públicos de Agua Potable y Redes de Alcantarillado.

- Servicios de Transporte:

Los usos urbanos en este sector se expresan en el transporte terrestre que mediante el uso de Colectivos, micros, taxis, etc; cuyo paradero está ubicado en el centro de la ciudad.

- Servicios Eléctricos:

El Centro Poblado se encuentra abastecido por variedad de postes a lo largo del trayecto urbano.

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

La geología estudia los tipos de roca que cubren la superficie terrestre, estructuras geológicas y la tectónica, lo que permite la evaluación y análisis de suelos, determinar el potencial geoeconómico como posibilidades de desarrollo agrícola y la evaluación. En la cuenca se ha identificado la ocurrencia de formaciones geológicas las cuales están constituidas por unidades lito - estratigráficas, cuyas edades varían desde el Precámbrico: Complejo Basal de la Costa y el cuaternario: sedimentos eólicos y aluviales.

Separadas por divergencias, como efectos de sucesivos procesos tectónicos siendo las formaciones pre cuaternarias las que forman la estribación occidental de la Cordillera de los Andes y afloramiento aislados de intrusivos representan el sector de la Cordillera de la Costa.

De acuerdo a su clasificación geológica corresponde a la zona del valle actual: los depósitos aluviales en la planicie costera y a su entorno el recubrimiento de depósitos eólicos, ambos correspondientes a las formaciones cuaternarias.

En cuanto a los rasgos **Estructurales,** (IGMM - 1994) indica que la cuenca, muestra evidencias de haber soportado movimientos epirogénicos y orogénicos de diferente intensidad; de acuerdo a ello se distingue zonas:

- *La Costanera (Ica) y La Andina.*
- *Depósitos eólicos*
- *Depósitos aluviales*
- *Depósitos fluvio – aluviales*

El origen de las formas del relieve en esta región, comprende acciones ocurridas desde el **cretácico**. Hasta esa época las zonas que actualmente conforman la costa y sierra del país, constituían un fondo marino que constituían una voluminosa sedimentación **mesozoica**, en la que se intercalaron además diversas formaciones de origen volcánico. Entre fines del cretáceo y principios del terciario, se iniciaron los primeros movimientos tectónicos de la orogenia andina, que dieron como resultado la formación continental del relieve costero, cuyos episodios más importantes fueron los siguientes:

Morfogénesis terciaria, estos eventos se iniciaron entre fines del cretáceo hasta comienzos del terciario, periodo en que se produjeron grandes movimientos de plegamientos, y levantamientos generalizados por la llamada orogenia andina, estos movimientos hicieron emerger los miles de metros de espesor de sedimentos marinos, que conformaron la actual cordillera occidental.

Morfogénesis cuaternaria, desde que los andes alcanzaron altitudes similares a las actuales el clima de la costa siempre ha sido árido, sin variaciones extremas, sin embargo en periodos comparativamente breves del cuaternario, ocurrieron en el mundo varias fases glaciales, frías y húmedas dos de las cuales, afectaron las partes

altas de los Andes, que fueron cubiertos en amplias extensiones por grandes masas de hielo.[22]

La zona geológicamente más interesante de la formación Pisco se encuentra cerca del pueblo de Ocucaje (km 334 sur), donde existen cerros erosionados por el viento que muestran los diferentes estratos, siempre blancos. El paisaje es único e impresionante. Lo más atractivo es el afloramiento de fósiles de mamíferos superiores, entre ellos de cetáceos, ancestros de las ballenas y de los delfines actuales. Cabe resaltar que el Distrito de Ocucaje, posee un clima cálido y seco con una temperatura media en verano de 27°C y en invierno de 18°C. Normalmente la temperatura máxima no excede de 30°C y la mínima no desciende a menos de 8°C. Una característica de su clima son los fuertes vientos denominados "Paracas", que suelen levantar grandes nubes de arena.

En Ica y Ocucaje diferentes operadores turísticos ofrecen excursiones a lugares donde el visitante puede apreciar el paisaje y los fósiles.

[22] Artículo: GEOMORFOLOGÍA
Autor: Hugo Labra H.

MAPA GEOLOGICO DE ICA

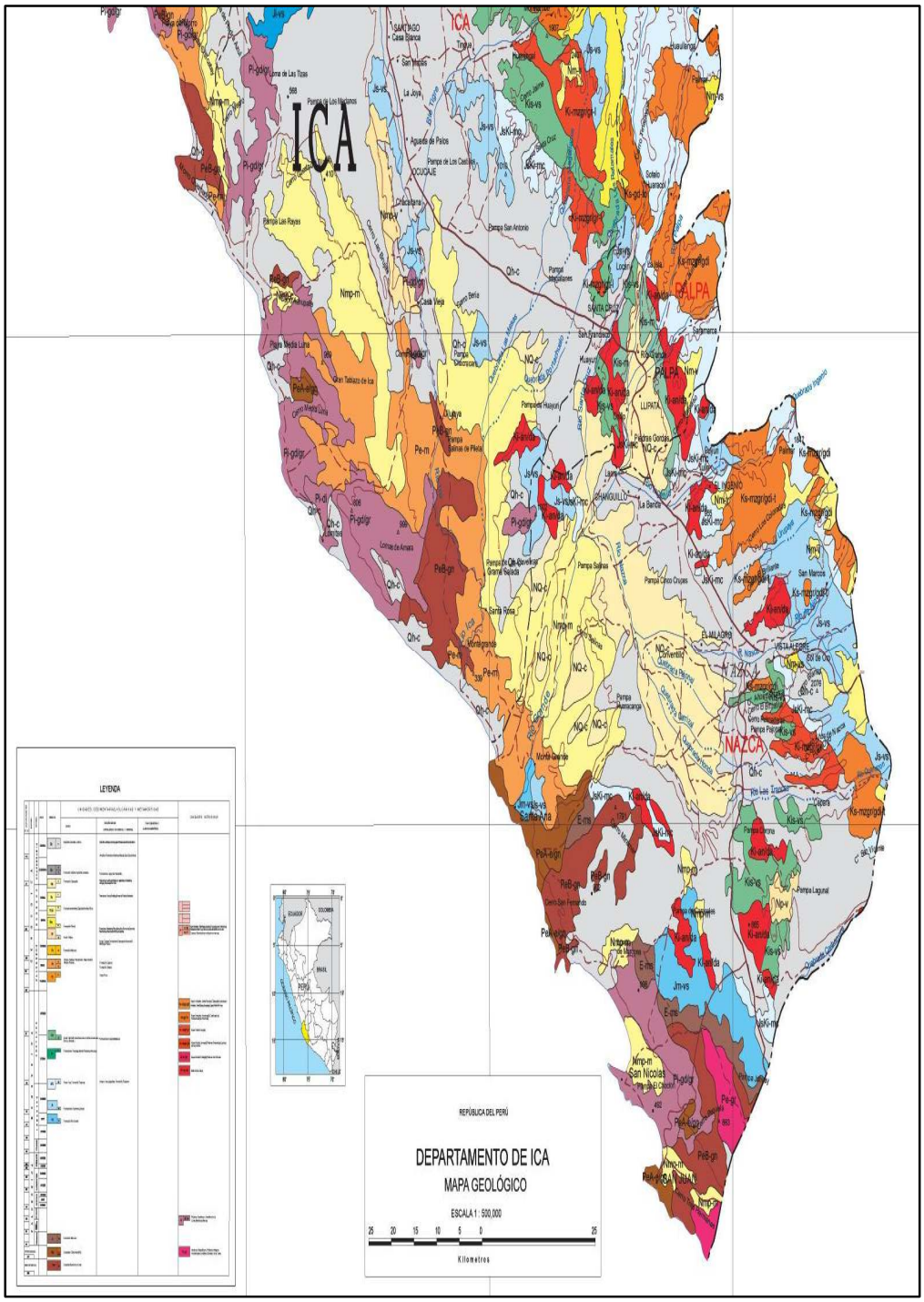


FIGURA 17: MAPA GEOLÓGICO DE ICA
Fuente: Consultores & Constructores S.A

▪ ESTUDIO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

Conocido también como Sub-Rasante o terreno natural, es aquella superficie de la carretera a nivel de movimiento de tierras (Cortes y Rellenos), considerada como el asiento del paquete estructural del pavimento. La sub rasante es la capa superior del terraplén o del fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos con características adecuadas, compactadas a un estado óptimo de manera tal que, permita el soporte ante las cargas de diseño que proviene del tránsito.

Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará encima [23]

Existen criterios que califican la calidad de la sub-rasante para la construcción de un pavimento, en resumen y según el Manual de Carreteras:

- Los Suelos por debajo del nivel superior de la sub-rasante, en una profundidad no menor de 60 cm, deberán ser suelos adecuados y estables con CBR mayor e igual a 6%.
- En caso que, debajo del nivel superior de la sub-rasante, tenga un CBR menor a 6%, se considera como una sub-rasante pobre o sub-rasante inadecuada, lo cual corresponde a un proceso de estabilización de suelos.

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S_0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S_1 : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S_2 : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S_3 : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S_4 : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S_5 : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Tabla 11: Categorías de Sub Rasante
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

[23] Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Es necesario la realización de la exploración de la zona de estudio, para establecer las investigaciones geotécnicas respectivas al suelo a evaluar, por lo que de acuerdo al plano de distribución del Centro Poblado "San José de Pinilla" (Centro), del distrito de Ocucaje se ejecutarán 3 calicatas (Exploraciones a Cielo Abierto) o conocidas también como pozos de exploración, en el que se determinará las características del suelo: Tipo de suelo, tamaño de partículas, humedad, peso específico, etc. De tal manera que obtengamos un perfil Estratigráfico de la zona de estudio.

Por lo tanto, al presentarse este caso, se realizará una exploración de campo de la zona de Estudio:

- **Exploración de Campo:** A través de los planos determinaremos, la ubicación de las calicatas, como también su denominación a partir del trabajo en campo.
- **Trabajos Preliminares**: Obtención de información de la zona de estudio, como fotografías y estudios anteriores a esta.
- **Exploración de Calicatas:** Se realizará el levantamiento Estratigráfico, y reconocimiento visual del sub-suelo, es aquí donde se ubicarán los distintos estratos presentes en la poza. En esta etapa obtenemos muestras selladas para luego ser llevadas a laboratorio.
- **Ensayos de Laboratorio de la Muestra:** A través de las muestras obtenidas en el campo de estudio, se ejecutarán los respectivos ensayos previo al diseño de Pavimentos, como: Próctor Modificado, CBR, Contenido de Humedad, etc.
- **Evaluación de Resultados:** De acuerdo al estudio y análisis realizado, se obtendrá el perfil estratigráfico de cada calicata, y los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, quedando pendiente el estudio de la Ecogravilla.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO:[24]

El suelo, el sustrato más importante en el estudio de la Ingeniería Civil, presente en toda obra de diferentes características. Siendo una mezcla de materiales líquidos, sólidos y gaseosos, de acuerdo a su composición ejerce propiedades físicas y mecánicas, lo cual permite ejercer una función muy importante en las obras.

[24] *PROPIEDADES DEL SUELO – Características Físicas*
Autor: Jhojan A Herrera Barbosa

- **TEXTURA**:

"La textura de un suelo es la proporción de los tamaños de los grupos de partículas que lo constituyen y está relacionada con el tamaño de las partículas de los minerales que lo forman y se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo. Esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire que son fundamentales para la vida de las plantas. Para el estudio de la textura del suelo, éste se considera formado por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida constituye cerca del 50 % del volumen de la mayor parte de los suelos superficiales y consta de una mezcla de partículas inorgánicas y orgánicas cuyo tamaño y forma varían considerablemente. […]Todos los suelos constan de una mezcla de partículas o agrupaciones de partículas de tamaños similares por lo que se usa su clasificación con base en los límites de diámetro en milímetros"

- **ESTRUCTURA:**

"La estructura es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados"

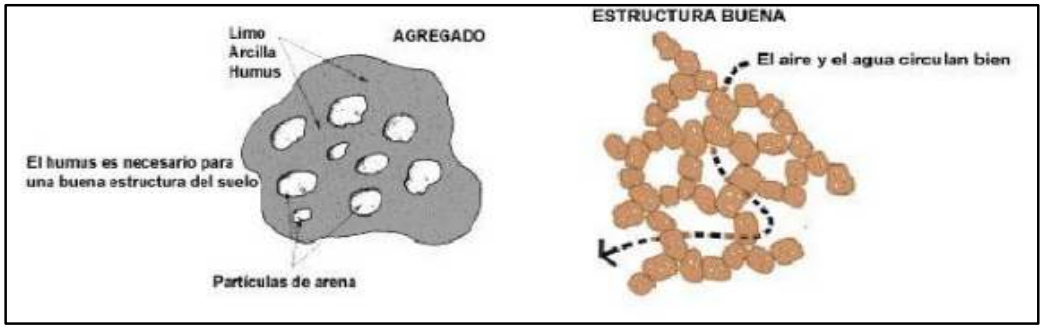


Figura 18: Estructura de los Suelos
Fuente: Monografía – Herrera Barbosa

- **COLOR**:

  "El color del suelo depende de sus componentes y puede usarse como una medida indirecta de ciertas propiedades. El color varía con el contenido de humedad. El color rojo indica contenido de óxidos de hierro y manganeso; el amarillo indica óxidos de hierro hidratado; el blanco y el gris indican presencia de cuarzo, yeso y caolín; y el negro y marrón indican materia orgánica. Cuanto más negro es un suelo, más productivo será, por los beneficios de la materia orgánica. El color del suelo puede proporcionar información clave sobre otras propiedades del medio edáfico. Por ejemplo, suelos de colores grisáceos y con presencia de "moteados o manchas" son síntomas de malas condiciones de aireación. Horizontes superficiales de colores oscuros tenderán a absorber mayor radiación y por consiguiente a tener mayores temperaturas que suelos de colores claros. La medición del color del suelo se realiza con un sistema estandarizado basado en la "Tabla de Colores Munsell".

- **PERMEABILIDAD:**

  "Permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la piscicultura. Mientras más permeable sea el suelo, mayor será la filtración. Algunos suelos son tan permeables y la filtración tan intensa que para construir en ellos cualquier tipo de estanque es preciso aplicar técnicas de construcción especiales. En un volumen de esta colección que aparecerá próximamente se ofrecerá información sobre dichas técnicas.

La permeabilidad del suelo se relaciona con su textura y estructura […] El tamaño y el número de los poros guardan estrecha relación con la textura y la estructura del suelo y también influyen en su permeabilidad. Variación de la permeabilidad según la textura del suelo.

Arenosos	5.0 cm/HR
Franco Arenosos	2.5 cm/HR
Franco	1.3 cm/HR
Franco Arcillosos	0.8 cm/HR
Arcilloso Limosos	0.25 cm/HR
Arcilloso	0.05 cm/HR

Tabla 12: Relación Tipo de Suelo – Permeabilidad
Fuente: Monografía 'Propiedades Del Suelo' – Herrera Barbosa

Por regla general, mientras más fina sea la textura del suelo, más lenta será la permeabilidad (Tabla 11).

- **POROSIDAD**:

  "Como consecuencia de la textura y estructura del suelo tenemos su porosidad, es decir su sistema de espacios vacíos o poros. Los poros en el suelo se distinguen en: macroscópicos y microscópicos. Los primeros son de notables dimensiones, y están generalmente llenos de aire, en efecto, el agua los atraviesa rápidamente, impulsada por la fuerza de la gravedad. Los segundos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares. Los terrenos arenosos son ricos en macro poros, permitiendo un rápido pasaje del agua, pero tienen una muy baja capacidad de retener el agua, mientras que los suelos arcillosos son ricos en micro poros, y pueden manifestar una escasa aeración, pero tienen una elevada capacidad de retención del agua."

- **CONSISTENCIA:**

  "Es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión-adhesión, responsables de la resistencia del suelo a ser moldeado o roto. Dichas

fuerzas dependen del contenido de humedades por esta razón que la consistencia se debe expresar en términos de seco, húmedo y mojado. Se refiere a las fuerzas que permiten que las partículas se mantengan unidas; se puede definir como la resistencia que ofrece la masa de suelo a ser deformada o amasada.- Las fuerzas que causan la consistencia son: cohesión y adhesión"

- Cohesión: "Esta fuerza es debida a atracción molecular en razón, a que las partículas de arcilla presentan carga superficial, por una parte y la atracción de masas por las fuerzas de Van der Walls, opr otra (gavande, 1976) Además de estas fuerzas, otros factores tales como compuestos orgánicos, carbonatos de calcio y óxidos de hierro y aluminio, son agentes que integran el mantenimiento conjunto de las partículas. ***La cohesión, entonces es la atracción entre partículas de la misma naturaleza***."
- Adhesión: "Se debe a la tensión superficial que se presenta entre las partículas de suelo y las moléculas de agua. Sin embargo, cuando el contenido de agua aumenta, excesivamente, la adhesión tiende a disminuir. El efecto de la adhesión es mantener unidas las partículas por lo cual depende de la proporción Agua/Aire"

- **PLASTICIDAD:**

Este concepto va de la mano de la consistencia, ya que "Se denomina plasticidad a la propiedad que presentan algunos suelos de modificar su consistencia (o dicho de otra forma, su resistencia al corte) en función de la humedad. Existe una correspondencia entre la plasticidad de un suelo y su cohesión. La plasticidad es una propiedad exclusiva de los suelos finos (arcillas y limos), siendo producto de las relaciones electroquímicas que se establecen entre las superficies de los elementos que forman el agregado que compone el suelo (partículas elementales de limo o arcilla). Los suelos granulares, formados exclusivamente por elementos de granulometría gruesa (arena, gravilla, grava o cantos) no presentan plasticidad"

- **TAMAÑO DE PARTÍCULAS:**

Este concepto generalmente se refiere a los diferentes tamaños de las

partículas de un suelo, lo cual dependerá de qué tipo de suelo se está trabajando, además que van de la mano los conceptos de Textura, estructuras y color.

PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL SUELO:

Para determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos, se recurre a los estudios o ensayos de laboratorio o in situ. De manera qué, al evaluarse la zona de estudio debemos saber con qué suelo estamos tratando, de acuerdo a sus resultados.

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:** Es aquella propiedad de los suelos en que se clasifica por tamaños a través de tamices una determinada cantidad de suelo, es a través de este análisis en el que podemos definir qué tipo de graduación tiene el suelo, la cantidad de finos o material grueso posee, cantidad de arcilla o limo, como también la clasificación del suelo. Este análisis se realiza gracias al Ensayo de Análisis Granulométrico – MTC E 107
- **LÍMITES DE CONSISTENCIA:** También conocida como los Límites de Atterberg, es una característica importante de los suelos, lo cual podemos caracterizar el comportamiento de un suelo fino. Se definen 4 tipos de estados (Figura 20) y 3 tipos de límites:

Figura 19: Variación De Cont. De Humedad Vs Vol. Del Suelo
Fuente: Estudios Geotécnicos.Org

- **Límite Líquido:** Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un proceso normalizado, que consiste en la mezcla de agua y suelo, y se deposita en la Cuchara de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina (girando la manivela), en el cuál se debe contar la cantidad de golpes que permita la unión de la mezcla colocada en la cuchara. Se deben hacer por lo menos 2 intentos para ser interpolado (%W vs Número de golpes) (Figura 21).

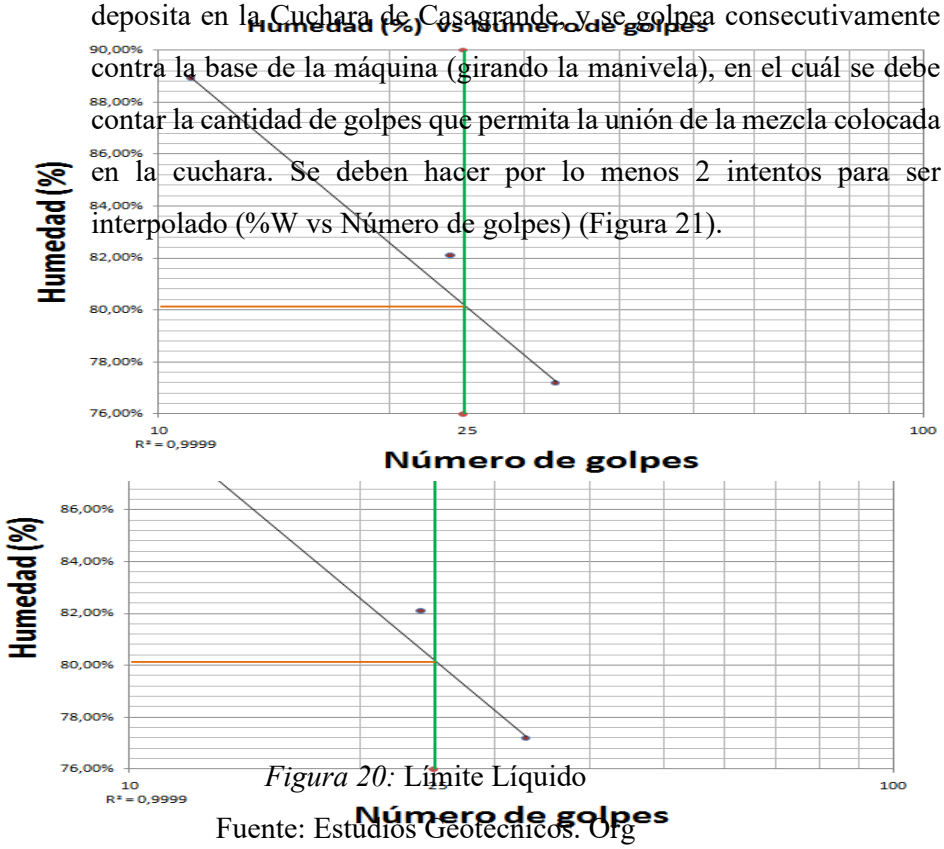


Figura 20: Límite Líquido
Fuente: Estudios Geotecnicos. Org

- **Límite Plástico:** El límite plástico, está definido como el contenido de humedad presente en una muestra de suelo en forma de cilindro cuando empiece a agrietarse, (Manipulado con las palmas de las manos – **(a)**) de 3mm de diámetro, al tenerse esas partes se lleva a horno y se obtiene dicho valor. **(b)** (Ref. Figura 13).

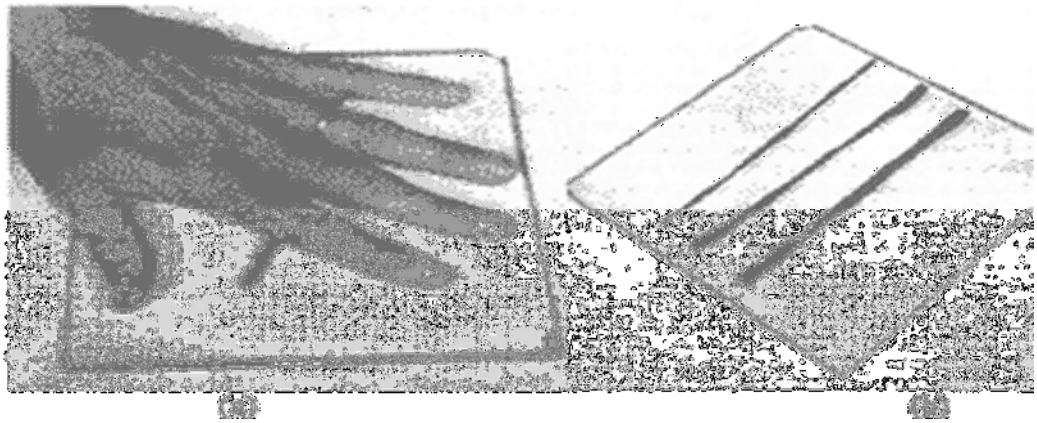


Figura 21: Límite Plástico – Proceso De Laboratorio
Fuente: Apuntesdeingenieriacivil.Blogspot.Com

- **Límite de Contracción:** "Esta propiedad se manifiesta cuando una pérdida de humedad no trae aparejado un cambio de volumen. Es el contenido de humedad entre los estados de consistencia semisólido y sólido. Para su obtención en laboratorio se seca una porción de suelo (humedad inicial y volumen inicial conocidos) a 105ºC/110ºC y se calcula la humedad perdida según el siguiente cálculo":

$$L_c = W - \left(\frac{(V - V_{o)}\gamma_w}{W_o}\right) * 100$$

Dónde:

$W = \ Contenido\ de\ humedad\ de\ la\ muestra\ en\ prueba.$

$V = \ Volumen\ de\ la\ muestra\ húmeda.$

$Vo = \ Volumen\ de\ la\ muestra\ seca.$

$\gamma W = \ Peso\ específico\ del\ agua\ (1\ gr/cm3)$

$Wo = \ Peso\ seco\ de\ la\ muestra$

Cabe resaltar que los límites de Atterberg, está compuesto de **Índices**, lo cual están relacionados con los límites calculados y dados en laboratorio:

- Índice de Plasticidad, Caracterizado por la diferencia del Límite Líquido y el Limite Plástico, dato esencial para el uso de la Carta de Plasticidad (Figura 14).
- Índice de Fluidez, pendiente de la curva de fluidez.
- Índice de Tenacidad: Relación dada por el Índice de Plasticidad e Indice de Fluidez (Ip/If)
- Índice de Liquidez, Relación entre la humedad y plasticidad.

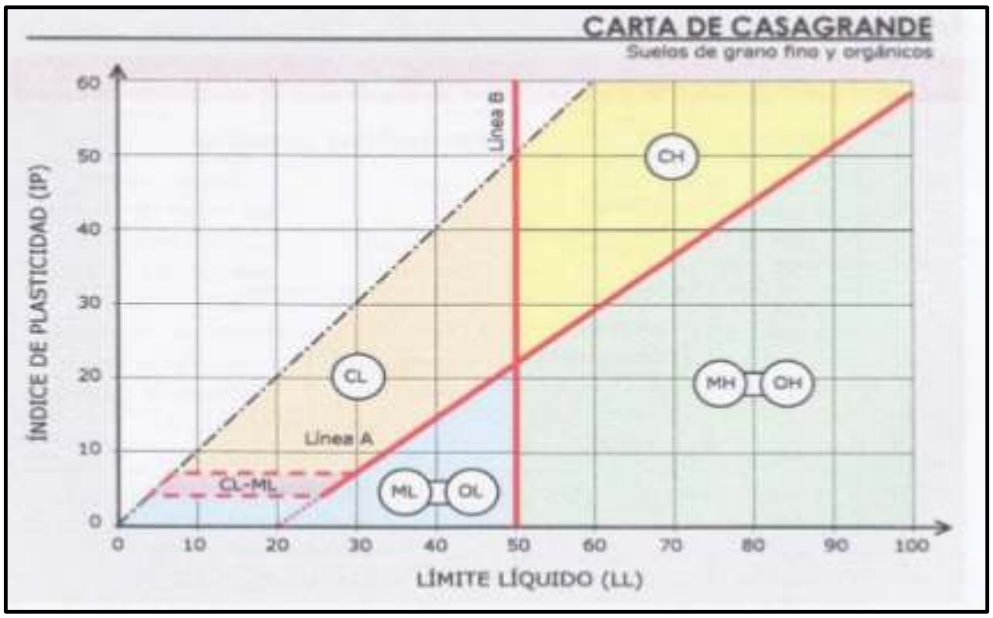


Figura 22: Carta de Plasticidad para Clasificación de Suelos Finos - SUCS
Fuente: Slideshare – Límites De Atterberg.

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS:

- **SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS):**

El sistema desarrollado por el Dr. Arturo Casagrande utiliza la textura para dar términos descriptivos tales como: "GW", grava bien graduada; "GC", grava arcillosa; "GP", Grava mal graduada, etc.

Este sistema de clasificación se ha extendido en cooperación con la Oficina de mejoramiento de terrenos (Reclamation) de los Estados Unidos, y se denomina actualmente Sistema de clasificación unificado.

Está basado en la identificación de los suelos según sus cualidades estructurales y de plasticidad, y su agrupación con relación a su comportamiento como materiales de construcción en ingeniería. La base de la clasificación de suelos está en las siguientes propiedades:

1. Porcentaje de grava, arena y finos (fracción que pasa por el tamiz 200)
2. Forma de la curva de distribución granulométrica.
3. Características de plasticidad y compresibilidad.

Se establecen fracciones de suelos: Cantos rodados, gravas, arena y finos (limo o arcilla). Los límites de demarcación entre las diversas fracciones y aspectos

descriptivos, simbología, descripciones y criterios de clasificación de laboratorio, se dan en la siguiente Tabla de: Sistema Unificado de Clasificación de suelos, que se incluye. (TABLA 12)

Los suelos se separan en tres divisiones:

1. Suelos de grano grueso.
2. Suelos de grano fino.
3. Suelos altamente orgánicos.

Los suelos de grano grueso son aquellos que contienen 50 por ciento o menos de material más pequeño que la malla del tamiz Nº 200, y suelos de grano fino son aquellos que contienen más del 50 por ciento de material más pequeño que el tamiz Nº 200.

Los suelos altamente orgánicos pueden identificarse generalmente por inspección visual.

Los suelos de grano grueso se dividen en gravas (G) y arenas (S).

Las gravas son aquellos suelos de grano grueso que tienen un porcentaje mayor al 50% de la fracción gruesa (la que no pasa por el tamiz Nº 200) retenida en el tamiz Nº4.

Las arenas son aquellos que su porción del 50% de la fracción gruesa es mayor que el porcentaje retenido en el tamiz Nº 4.

Tanto las gravas (G), como las arenas (S), se dividen en cuatro grupos secundarios, GW, GP, GM y GC y SW, SP, SM y SC, respectivamente, según la cantidad y tipo de los finos y la forma de la curva granulométrica.

En la tabla se muestran los tipos representativos de suelos encontrados en cada uno de estos grupos secundarios, bajo el encabezamiento de "Nombres Típicos". Los suelos de grano fino se subdividen en limos (M) y arcillas (C), según su límite líquido y su índice de plasticidad.

Los suelos altamente orgánicos son usualmente muy comprensibles y tienen características inadecuadas para la construcción. Se clasifican dentro del grupo designado por el símbolo Pt. Turba (Peat). El humus y los suelos de pantano son ejemplos típicos de este grupo de suelos.[25]

[25] *Informe de Aceros Arequipa S.A – Estudio de Evaluación de la Ecogravilla*

Tabla 13: Clasificación De Suelos - SUCS
Fuente: Informe Escorias – Aceros

Divisiones mayores			Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares	
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz No. 200)	Gravas (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No. 4)	Gravas limpias (pocos o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_U = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D^2_{30}/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM (bajo la línea A)	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < I_p < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezclas gravo-areno-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	
	Arenas (Más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_U = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D^2_{30}/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM (bajo la línea A)	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó $I_p < 4$.	Si el material está en la zona sombreada con $4 \leq I_p \leq 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó $I_p > 7$	
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz No. 200)	Limos y arcillas (límite líquido 50, < 50)		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% — GW, GP, SW, SP Más del 12% — GM, GC, SM, SC de 5 a 12% —Casos de frontera que requieren doble símbolo	
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.		
			OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		
	Limos y arcillas (límite líquido > 50)		MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos		
			CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas		
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos		
	Suelos altamente orgánicos		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos		

Las divisiones de los grupos GM y SM en las subdivisiones “d” y “u” es solamente para caminos y aeródromos. Las subdivisiones están basadas en los límites de Atterberg.

El sufijo “d” es usado cuando LL es 28 o menos y el PI es 6 o menos. Sufijo “u” es usado cuando LL es mayor de 28.

Clasificación en la línea divisoria, usada para suelos que poseen características de dos grupos es designado por la combinación de símbolos de grupos. Por ejemplo: GW–GC, mezcla de arena y grava bien graduada con arcilla como aglutinante.

- **SISTEMA AASHTO:**

El Departamento de Caminos Públicos de USA (Bureau of Public Roads) introdujo uno de los primeros sistemas de clasificación, para evaluar los suelos sobre los cuales se construían las carreteras, posteriormente en 1945 fue modificado y desde entonces se le conoce como Sistema AASHTO.

El sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en grupos, basado en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante un “índice de grupo”. Se informa en números enteros y si es negativo se informa igual a 0. El grupo de clasificación, incluyendo el índice de grupo, se usa para determinar la calidad relativa de suelos de terraplenes, material de Subrasante, sub bases y bases.

El valor del índice de grupo debe ir siempre en paréntesis después del símbolo del grupo, como: A-2-6 (3); A-7-5 (17), etc. Cuando el suelo es NP o cuando el límite líquido no puede ser determinado, el índice de grupo debe considerarse (0).

Si un suelo es altamente orgánico (turba) puede ser clasificado como A-8 sólo con una verificación visual, sin considerar el porcentaje bajo 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto y fuerte.[26]

[26] *Informe de Aceros Arequipa S.A – Estudio de Evaluación de la Ecogravilla*

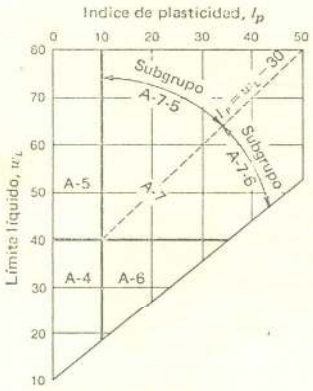
SISTEMA: AASHTO

Clasificación General	Materiales Granulares (35 % o menos del total pasa el tamiz No. 200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35 % del total pasa el tamiz No. 200)			
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5[a] A-7-6
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10	50 max										
No. 40	30 max	50 max	51 min								
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa el tamiz No. 40 Límite líquido, w_L				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Índice Plástico, I_p	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Índice de Grupo[b]	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max

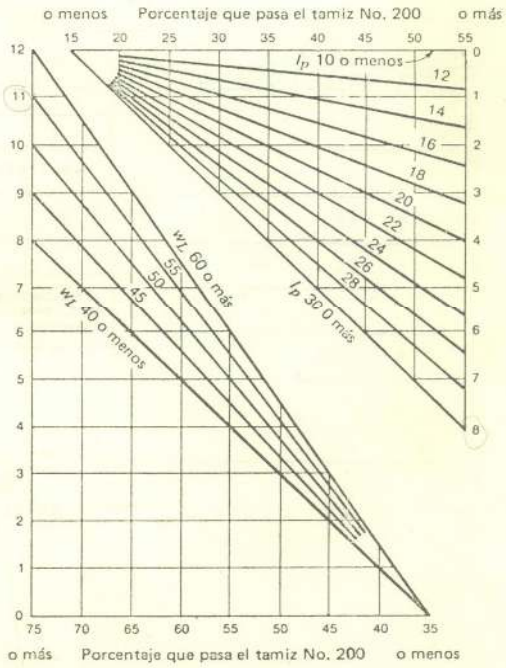
[a] Ver Fig. **A**

[b] Índice de Grupo = $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$ (Ver Fig. **B**)

Sistema de clasificación AASHTO



A Rangos de límite líquido e índice de plasticidad para los grupos de suelos A-4, A-5, A-6 y A-7.



B Cuadro para obtener el índice de grupo del suelo. El índice de grupo es igual a la suma de las dos lecturas en las escalas verticales.

Tabla 13.1: Clasificación De Suelos - AASHTO
Fuente: Informe Escorias – Aceros Arequipa S.A

PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los pavimentos, es un sistema que está caracterizado de propiedades, compuestos por distintos materiales que se encuentran en óptimas condiciones y cumpliendo condiciones y/o parámetros para pavimentos de calidad, manifestándose en espesores y un gran proceso constructivo, los pavimentos flexibles son los pavimentos más usados, conocidos y de mayor experiencia constructiva en todo el Perú, debido a su comodidad económica, a las distintas adaptaciones del asfalto a la exposición del pavimento, reparación económica, etc.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento rutinario y periódico para cumplir con su vida útil.[27]

Figura 23: Pavimentos Flexibles
Fuente: Huesker: Ideas, Ingenierios, Innovación – Artículo

[27] *Tesis: Análisis de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de las Vías Principales en la Ciudad de Tarapoto*
Autores: Ramos Pérez, Mercy Judit y Torres Brandan, Martha Mercedes
Edición: 2017

- **GENERALIDADES**

Los pavimentos flexibles, consiste en el paquete estructural compuesto por mezcla asfáltica como capa de rodadura o superficie de rodamiento, lo cual soportará las diferentes cargas propias del tránsito estático y en movimiento, es por ello que todo pavimento se caracteriza de presentar propiedades funcionales y estructurales, de acuerdo a esas características se califica la calidad del pavimento y periodo de vida de este; estructuralmente la capa de rodadura compuesto por el asfalto, permite absorber y recibir los esfuerzos distribuyéndolo a las capas inferiores, gracias a la acción de sus características de fricción y cohesión de las partículas. Entonces, en resumen, los pavimentos flexibles poseen características como:

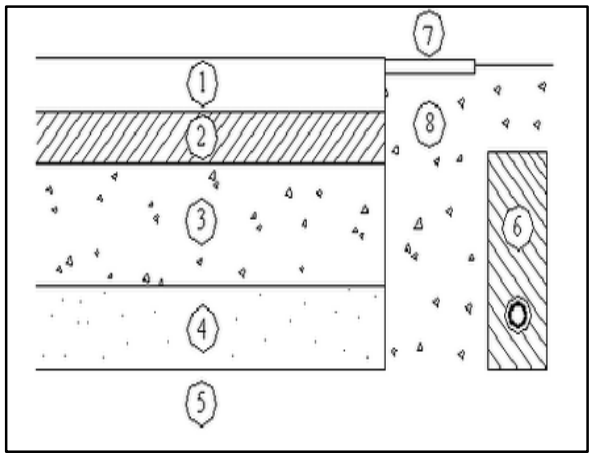
  - Transferencia de Carga: Las cargas que recibe en pavimento son transmitidos a la estructura granular, denominado la transferencia en artículos, como "grano a grano" o partícula por partícula.
  - Su Flexibilidad: Al ser flexible, posee menor capacidad portante, lo que permite actuar como un elástico ante la presencia de las cargas.
  - Soporta Altas Temperaturas.

- **COMPONENTES ESTRUCTURALES**

El pavimento está divido por secciones o capas de materiales capacitados para resistir y recibir una carga, con el material con la más alta fuerza de sustentación de carga (y el más costoso) arriba y el material con la más baja fuerza de sustentación de carga (y lo más barato posible) abajo. Generalmente la estructura del pavimento flexible se compone de: Carpeta de Rodadura o carpeta asfáltica, base y subbase apoyado todo este conjunto sobre la subrasante. En algunos casos pueden faltar algunas de estas capas. Podemos resumir sus funciones cómo:

- Distribuir las tensiones provenientes de la parte superior reduciéndolas hasta valores admisibles para las capas inferiores.
- Ser suficientemente resistentes por sí mismas para soportar, sin deformaciones permanentes, las cargas a las cuales están sujetas.

El pavimento flexible está definido por la siguiente sección típica:



1. Capa de Rodadura
2. Capa Base
3. Capa Sub-base
4. Suelo Compactado (Terraplén o Subrasante mejorada)
5. Subrasante
6. Sub-drenaje longitudinal
7. Revestimiento de Hombreras
8. Sub-base de Hombreras

Figura 24: Sección Típica de Pavimentos Flexibles
Fuente: Instituto Tecnológico De Aeronáutica, Ingeniería De Pavimentos, Brasil, 2000.

- **Capa de Rodadura:** También llamada carpeta asfáltica, podría ser definida como la impermeabilización del pavimento, el cuál tiene la función de evitar el desgaste por el tránsito vehicular como también evitar las infiltraciones del agua de lluvia.

"Las capas de rodadura deben poseer un buen comportamiento ante el deslizamiento, sobre todo cuando estamos hablando de una carretera o autopista, cuando hablamos de un aparcamiento donde los vehículos circulan a baja velocidad no es tan importante este factor de deslizamiento. Una mezcla bituminosa en caliente (M.B.C) es una mezcla de áridos con betún a cierta temperatura, dentro de esta mezcla el betún realiza una función de ligante entre las partículas de árido, y el propio árido es el que regula el comportamiento ante el deslizamiento. Atendiendo a la naturaleza del árido y su comportamiento ante el desgaste (ensayo de pulimento acelerado o desgaste de los ángeles) obtendremos el comportamiento ante el deslizamiento deseado. Los áridos silíceos u ofíticos presentan habitualmente un comportamiento más abrasivo ante el desgaste, esto quiere decir que sobre ellos cuando la capa se

deteriora por la acción del tráfico y del sol los vehículos tienen un agarre superior que con los áridos de naturaleza caliza."[28]

- Funciones de la capa de rodadura
    - Impermeabilizar el pavimento, para que las capas subyacentes puedan mantener su capacidad de soporte.
    - Proveer una superficie resistente al deslizamiento, incluso en una pista húmeda.
    - Reducir las tensiones verticales que la carga por eje ejerce sobre la capa base, para poder controlar la acumulación de deformaciones plásticas en dicha capa.
- Requisitos de Calidad de Capa de Rodadura:

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC – 1	MAC – 2	MAC – 3
25 mm (1")	100	-	-
19 mm (3/4")	80 – 100	100	-
12.5 mm (1/2")	67 – 85	80 – 100	-
9.5 mm (3/8")	60 – 77	70 – 88	100
4.75 mm (Nº 4)	43 – 54	51 – 68	65 – 87
2.0 mm (Nº10)	29 – 45	38 – 52	43 – 61
425 μm (Nº 40)	14 – 25	17 – 28	16 – 29
180 μm (Nº 80)	08 – 17	08 – 17	09 – 19
75 μm (Nº 200)	04 – 08	04 – 08	05 – 10

Tabla 14: Requerimientos Granulométricos para Capa de Rodadura

Fuente: Norma CE.010

- **Base:** Es aquella capa que sigue inmediatamente de la capa de rodadura, posee funciones de drenaje como también la función estructural de absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de vehículos y llevarlos a la subbase.
    - Funciones de la capa base

[28] Blog del Asfalto
Autor: Alberto Fernández
Edición: 2014

- Reducir las tensiones verticales que las cargas por eje ejercen sobre las capas sub-base y suelo natural.
- Reducir las deformaciones de tracción que las cargas por eje ejercen a la capa de revestimiento asfáltico.
- Permitir el drenaje del agua que se infiltra en el pavimento, a través de drenajes laterales longitudinales.

- **Requisitos de Calidad de Base Granular:**

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACIÓN A	GRADACIÓN B	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 μm (Nº 40)	8 - 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 μm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Tabla 15: Requerimientos Granulométricos para Base Granular
Fuente: Sección 305 de las EG-2000 del MTC / Norma CE.010

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTOS	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E210-2000	80% mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E210-2000	40% mínimo	50% mínimo
Abrasión	NTP 400.019:2002	40% máximo	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0.5% máximo	
Pérdida con Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	---	12% máximo
Pérdida con Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	---	18% máximo

Tabla 15.1: Requerimientos Del Agregado Grueso
Fuente: Sección 305 De Las EG-2000 Del MTC / Norma CE.010

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTOS	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	4% máximo	2% máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	35% mínimo	45% mínimo
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0.5% máximo	
Indice de Durabilidad	MTC E214-2000	35% mínimo	

Tabla 15.2: Requerimientos Del Agregado Fino
Fuente: Sección 305 de las EG-2000 del MTC / Norma CE.010

- Valor Relativo De Soporte, CBR:

VÍAS LOCALES Y COLECTORAS	MINIMO 80%
VIAS ARTERIALES Y EXPRESAS	MINIMO 100%

Tabla 16: Valores Relativos De Soporte
Fuente: NTP 339.145:1999 / Norma CE.010

- **Sub-Base:** Es aquella que se encuentra entre la subrasante y la base, posee función estructural al recibir y distribuir las cargas hacia la subrasante, además reduce al mínimo la intrusión de finos del subsuelo en la estructura de pavimento y mejorar el drenaje. La subbase, posee funciones de evitar o prevenir los cambios volumétricos de elasticidad, plasticidad, hinchamientos por épocas de hielo y deshielo. Posee materiales de calidad más baja que la base pero mejor que el subsuelo.

- **Requisitos de Calidad de la Sub-Base:**

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACIÓN A	GRADACIÓN B	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 μm (Nº 40)	8 - 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 μm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Tabla 17: Requerimientos Granulométricos Para Sub Base Granular
Fuente: Sección 305 de las EG-2000 del MTC / Norma CE.010

ENSAYO	NORMA	REQUERIMENTO	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	50 % Máximo	
CBR de Laboratorios	NTP 399.145:1999	30 – 40 % Mínimo*	
Límite Líquido	NTP 339.129:1999	25 % Máximo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	6 % Máximo	4 % Máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25 % Mínimo	35 % Mínimo
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	1 % Máximo	

Tabla 18: Requerimientos De Calidad Para Sub Base Granular
Fuente: Norma CE.010 – Pavimentos Urbanos

(*) 30% Pavimentos Rígidos y Adoquines – 40% Para Pavimentos Flexibles.

D. Sub-rasante: Definido como el terreno natural o aquella superficie que soportará el paquete estructural del pavimento a proyectarse. La Sub rasante requiere de requisitos previos para plantear un futuro pavimento, como su Capacidad de Soporte (CBR), Densidad Seca (Para la compactación – Proctor), Clasificación o tipo de Suelo, etc. El Manual especifica diferentes maneras de estabilizar el suelo caso contrario no cumpla con los requisitos ya mencionados en la presente Tesis.

- **ESFUERZOS PRODUCIDOS EN UN PAVIMENTO[29]**

Según el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (MX), define el **Comportamiento del Pavimento Flexible,** afirma que la reacción de un pavimento a las tensiones aplicadas es el resultado combinado de la carga, del ambiente, del subsuelo y de las características del material de un pavimento. Dicha sección presenta tensiones y deformaciones típicas experimentadas por una estructura del pavimento flexible bajo carga.

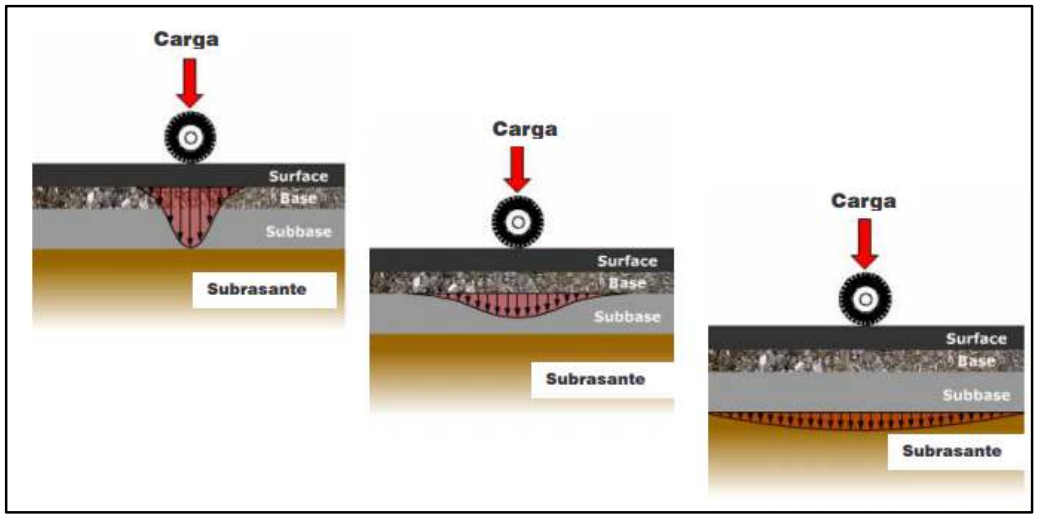


Figura 25: Distribución De Cargas En Las Diferentes Capas De Una Estructura De Pavimento Flexible

Fuente: Wsdot Pavement Guide

- Consiste en la deformación lateral del pavimento producida por una fuerza externa (Fuerzas Verticales). Este tipo de esfuerzos, es evaluado mediante gráfica tomando en cuenta las profundidades de las fuerzas colocadas. La disipación del esfuerzo vertical es función de los espesores y de los módulos de elasticidad de las diferentes capas de la estructura del pavimento. Entre mejor sea la calidad de los materiales de las diferentes capas, el esfuerzo vertical que llega a la subrasante es menor y este parámetro es básico para el diseño y controlar la

[29] *Paráfrasis de: WSDOT PAVEMENT GUIDE*
Investigación del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

deformación o el ahuellamiento de las estructuras de pavimentos flexibles.

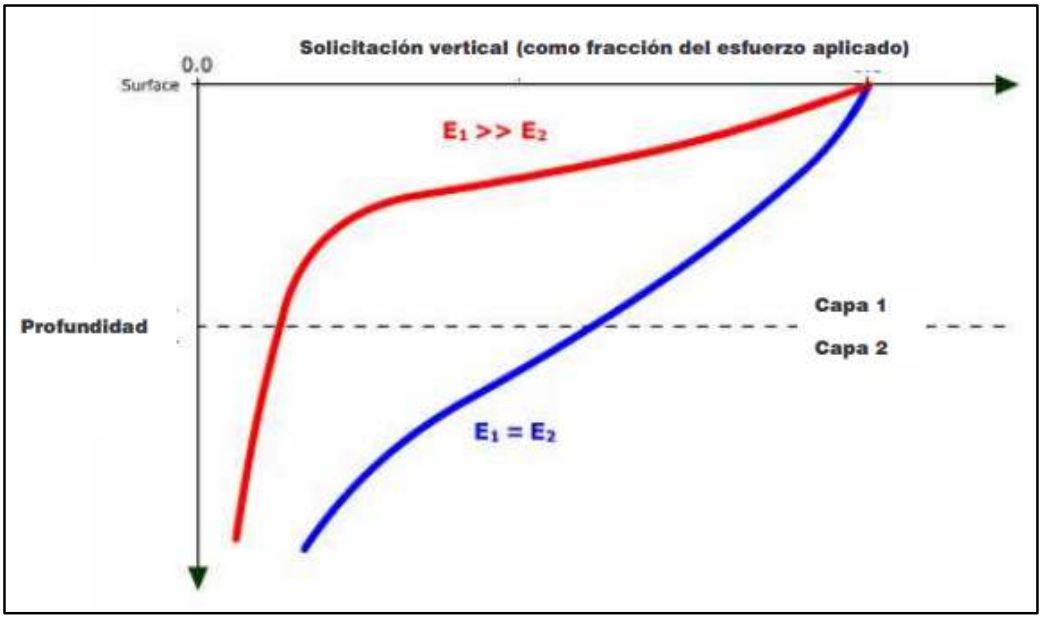


Figura 26: Deformación Vertical De Pavimento Flexible
Fuente: Wsdt Pavement Guide

De acuerdo a un estudio realizado en Estados Unidos (Washington), especifica que para dos capas que posean Módulo elástico similar, las fuerzas que conectan al pavimento disminuye mientras aumenta la profundidad, es decir existe equilibrio en el pavimento por parte de las deformaciones posibles, en caso la capa 1 sea mayor a la capa 2 en Módulo Elástico, pues las deformaciones son absorbidas más rápidas.

- **Cizallamiento Horizontal del Pavimento**: Al ya ver el pavimento flexible expuestos a deformaciones verticales; las deformaciones horizontales se evalúan las fuerzas acciones de tensión y compresión, según la Guía de Pavimentos WSDOT, define la siguiente gráfica:

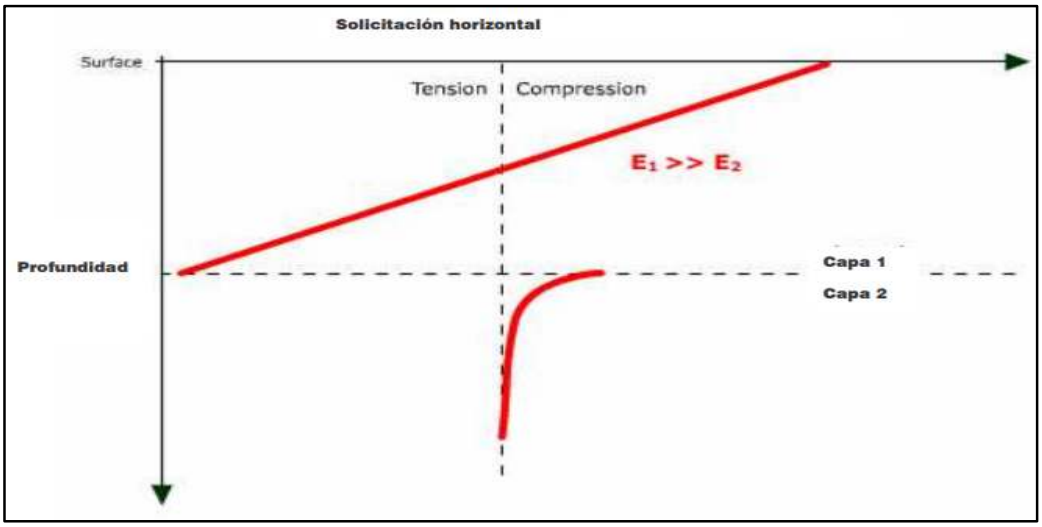


Figura 27: Deformaciones Horizontales De Un Pavimento Flexible
Fuente: Wsdot Pavement Guide

La parte alta de la capa superior trabaja en compresión mientras la parte inferior trabaja en tracción, además experimenta compresión que disminuye con la profundidad. Al analizarse la deformación horizontal, el pavimento flexible existe un punto que pasa a ser de tensión (de Compresión a flexión) a medida que aumenta la profundidad

- **Flexión en la Estructura:** Los pavimentos flexibles, se denominan así debido a que desvían bajo carga.

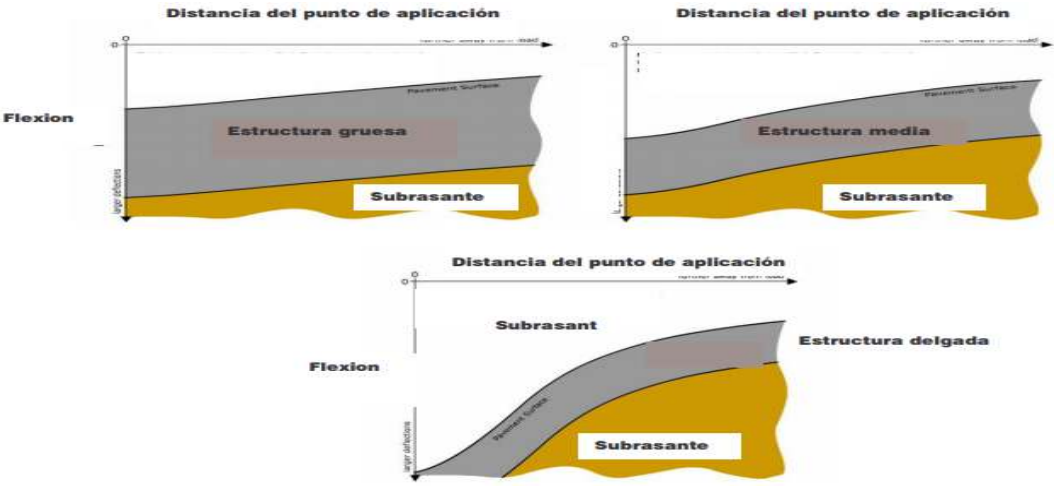


Figura 28: Flexión De Pavimentos En Función A Espesor De Estructura
Fuente: Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey – México

En un modelo estructural de pavimento flexible, la mayor deflexión se presenta en el punto de aplicación de la carga generada por el tránsito, esta se disipa en función de los espesores de la capa asfáltica, las capas granulares de base y subbase y la calidad de la subrasante expresada en sus módulos de elasticidad.

Causas:

- **Influencia de Condiciones Climáticas:**

  Los cambios en las condiciones de servicio afectan los diferentes tipos de pavimentos. Los climas calientes afectan los pavimentos flexibles por eso que las condiciones y/o requisitos de las carpetas asfálticas y mezclas aumentan para prevenir la formación de deformaciones permanentes. Los factores ambientales, tales como el agua, la sal que descongela y los ciclos hielo-deshielo influencian el funcionamiento de los materiales, dando por resultado la deterioración superficial de pavimento. Sin embargo, se conviene que generalmente que estos factores afectan los pavimentos rígidos más que los pavimentos flexibles. El agua que penetra en la estructura del pavimento a través de las grietas deteriora capas más bajas del pavimento y posteriormente de la estructura entera.

- **Influencia del Tránsito:**

  Las cargas son las fuerzas del vehículo ejercidas en el pavimento. Puesto que una de las funciones primarias de un pavimento es la distribución de cargas, el diseño del pavimento debe considerar las cargas del tráfico durante la vida. Las cargas se pueden caracterizar por las cargas de las llantas, las configuraciones de los ejes y de las llantas, la frecuencia y las repeticiones de aplicación de las cargas, la distribución del tráfico a en la carretera y la velocidad de los vehículos.

  - Cargas de las llantas
  - Configuraciones de los ejes y de las llantas
  - Frecuencia y repeticiones de las cargas
  - Distribución del tráfico
  - Velocidad de los vehículos

Efectos:

- **Deterioración de la Estructura:** La deterioración de un pavimento flexible sigue siendo un tema de investigación en el campo de la Ingeniería, debido a que este pavimento está expuesto a diferentes condiciones climáticas y de carga por tránsito bajo condiciones de servicio; es por esto que existe diferentes tipos de deterioro del pavimento o comúnmente llamadas como 'Fallas funcionales y fallas estructurales'[30]
    - Deterioración Superficial:
        1. Pérdida de Fricción
        2. Deformación permanente de la estructura elástica
        3. Grietas superficiales (fisuras o piel de cocodrilo)
        4. Baches
        5. Ahuellamiento
        6. Ondulaciones
        7. Exudación
        8. Pérdida de Áridos, etc.
    - Deterioración Estructural:
        1. Fallas por Fatiga
        2. Deformación permanente de Subrasante
        3. Grietas Estructurales
        4. Baches profundos
- **CALIDAD EN PAVIMENTOS FLEXIBLES**

    El Control de Calidad normalmente se refiere a los ensayos necesarios para controlar un producto y así determinar la calidad del producto que se está elaborando. Estos ensayos son usualmente llevados a cabo por el constructor, ya que este los requiere para asegurarse a sí mismo que el producto o sus partes cumplan con sus expectativas de acuerdo a la responsabilidad contractual que ha contraído con el propietario.

[30] Tesis: Evaluación del Estado Funcional y Estructural del Pavimento Flexible mediante la Metodología PCI Tramo Quichuay – Ingenio del KM 0+000 al KM 1+000 2014
Autor: Antony Luis Vergara Vicuña

El Aseguramiento de calidad por otra parte, se refiere normalmente a aquellos ensayos requeridos para tomar una decisión sobre la aceptación de un producto, y por lo tanto asegurarse que el mismo está siendo evaluado efectivamente de acuerdo a lo que el propietario ha requerido. Para que el control de calidad del contratista y el aseguramiento del control de calidad del supervisor del propietario, puedan interactuar adecuadamente, deben existir una serie de elementos que fijen las reglas del juego, que definan de manera coherente los límites de acción de cada uno de los actores involucrados, a esta serie de elementos se les define en la práctica como:

1. Cumplir con los requisitos o condiciones del Manual de Carreteras (Sección Suelos y Pavimentos) del MTC, tanto para las bases, sub-bases y carpeta asfáltica.
2. Realizar estudios de la subrasante, para obtener la calidad in situ del terreno, de manera tal que el futuro pavimento a recibir posea las condiciones portantes necesarias.
3. Debe resistir a las cargas de tránsito ya mencionadas, tanto los esfuerzos verticales, horizontales y la futura deflexión máxima del pavimento.
4. Conviene que los pavimentos flexibles posean capacidades impermeables ante la acción del agua.
5. El proceso constructivo de los pavimentos debe ser de gran control y supervisión.
6. Debe poseer constante mantenimiento periódico y/o rutinario, de tal manera que permita reducir el deterioro del pavimento.
7. Basarse al estudio de cantera para un óptimo desarrollo del paquete estructural del pavimento.
8. Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
9. Debe ser durable y económico.
10. Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
11. El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.

12. Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Existen distintos métodos de diseño de pavimentos flexibles:

- **El método Porter o del Valor Soporte California (CBR):** desarrollado en California por Porter y entra dentro del grupo de los métodos empíricos. La idea directriz del autor fue la de buscar un procedimiento que teniendo en cuenta las propiedades de los materiales y el tránsito, fuera suficientemente simple para poder utilizar, no solamente en el laboratorio en la faz de proyecto, sino también en obra para hacer un control de la construcción efectivo.
- **Método del Instituto del Asfalto de los EEUU (AASHTO):** es también un método empírico, basándose principalmente en trabajos de correlación de tipo estadístico. Ha recibido numerosas modificaciones y su forma actual se basa principalmente en la correlación establecida con los resultados de los caminos experimentales AASHTO. La investigación ha sido encarada tendiente a la utilización de espesores totales de mezcla bituminosa tipo concreto asfáltico (full depth), no obstante, para a utilización de otros materiales de base se dan los coeficientes de equivalencia con los cuales se pueden hacer diseños alternativos y elegir la solución técnico económica más conveniente.
- **Método SHELL:** el método fue desarrollado por el equipo de investigación de la Shell y su procedimiento y fundamentos se encuentran en las Curvas Shell 1963, para el diseño de pavimentos flexibles. Basándose en la teoría de capas y en las ecuaciones de Burminster se han podido obtener los valores más críticos de las tensiones a que se encuentran sometida la estructura.
- **Método AASHTO 93:** A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original. El método AASHTO-1993 para el diseño de pavimentos flexibles, se basa primordialmente en identificar un "número estructural (SN)" para el pavimento, que hace referencia a la resistencia estructural de un pavimento

requerido para una combinación de soporte del suelo (Mr), transito total (W18), de la serviciabilidad terminal y de las condiciones ambientales.

- **Método del Índice de Grupo:** Se basa en la clasificación del suelo de la Sub – rasante desde "Muy Malo" hasta "Excelente" según el Índice de Grupo que le corresponda a la clasificación AASHTO y del tipo de tránsito que a su vez le clasifica en Liviano, Mediano y Pesado. Se emplea la fórmula:

$$\boldsymbol{IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40) + 0.01(F - 15)(IP - 10)]}$$

$$\boldsymbol{F = \%\ pasa\ el\ Tamiz\ de\ 200}$$

$$\boldsymbol{LL = Límite\ Líquido}$$

$$\boldsymbol{IP = Índice\ de\ Plasticidad}$$

- **Método Wyoming:** Este método fue creado por el Departamento de Carreteras del estado de Wyoming en 1947, aplicable a diseños urbanos y rurales y se basa en relacionar el CBR de los suelos de fundación de una carretera con cinco factores importantes:

a) Precipitación anual del lugar

b) Situación de la Napa freática

c) Acción de las heladas

d) Condiciones generales existentes como: drenajes superficiales y subterráneos.

e) Tránsito (calculado para el periodo de 20 años).

A cada uno de estos factores se le asigna un determinado valor y la suma de estos valores determinan la curva a emplearse para el diseño del pavimento.

NOTA: Para la presente Tesis, se realizará Diseño de Espesor de Pavimento mediante el Método AASHTO 93.

MÉTODO AASHTO 93

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, define el diseño de Pavimentos Flexibles de la siguiente forma:

- Método AASHTO Guide for Design of Pavements Structures 1993
- Análisis de la Perfomance o Comportamiento del Pavimento durante el diseño

Típicamente el diseño de los pavimentos es mayormente influenciado por dos parámetros básicos:

- Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento.
- Las características de la sub rasante sobre la que se asienta el pavimento.

El Método AASHTO 93, está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la perfomance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la sub rasantes para el cálculo de espesores. El propósito del modelo es el cálculo del Numero Estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la sub rasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto.[31]

[31] *Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones*

I. PERIODO DE DISEÑO:

El periodo de diseño es uno de los factores principales para el diseño de pavimentos, será 10 años el valor de periodo para caminos de muy bajo volumen de tránsito y otros periodos de 10 a 20 años. Esto va en función de acuerdo al Ingeniero de diseño de pavimentos.

II. VARIABLES:

El Método de AASHTO93, se caracteriza por presentar una fórmula o ecuación que va en función a:

$$Log_{10}Wt18 = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

a. **W18**, Número Acumulado de los Ejes Simples Equivalentes (ESAL) a 18000 lb (80 KN) para el periodo de diseño.
b. **Módulo de Resiliencia (M_R),** Es aquella medida de la sub rasante, lo cual calificará la rigidez de ésta, este dato se obtiene a través del ensayo de resilencia lo cuál medirá la capacidad del suelo de absorber energía.
c. **Desviación Estándar Combinada (So)**, e s un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía **AASHTO** recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y O.SO, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

CBR% Sub rasante	Módulo Resilente Sub rasante (M_R) (psi)	Módulo Resilente Sub rasante (M_R) (Mpa)	CBR% Sub rasante	Módulo Resilente Sub rasante (M_R) (psi)	Módulo Resilente Sub rasante (M_R) (Mpa)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Tabla 19: Correlación Cbr Y Modulo Resilente
Fuente: Manual De Carreteras – Sección Suelos Y Pavimentos – Capitulo XII Pavimentos Flexibles

d. Confiabilidad: El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (%R) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto.

Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitaciones diferentes a las esperadas, como, por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento. De acuerdo a la guía AASHTO es suficientemente aproximado considerar que el comportamiento del pavimento con el tráfico, sigue una ley de distribución normal, en consecuencia pueden aplicarse conceptos estadísticos para lograr una confiabilidad

determinada; por ejemplo, 90% o 95%, significa que solamente un 10% o 5% del tramo pavimentado, se encontrará con un índice de serviciabilidad inferior al previsto; es decir que el modelo de comportamiento está basado en criterios de serviciabilidad y no en un determinado mecanismo de falla.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	75,000	150,000	65%
	T_{P1}	150,001	300,000	70%
	T_{P2}	300,001	500,000	75%
	T_{P3}	500,001	750,000	80%
	T_{P4}	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T_{P15}	>30'000,000		95%

Tabla 20: Nivel De Confiabilidad Para 1 Etapa De Diseño
Fuente: Manual De Carreteras – Sección Suelos Y Pavimentos – XII PAVIMENTOS FLEXIBLES

e. **Coeficiente Estadístico de Desviación Estandar (Zr),** El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	75,000	150,000	-0.385
	T_{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T_{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T_{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T_{P4}	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T_{P15}	>30'000,000		-1.645

Tabla 21: Desviacion Estandar Normal Zr
Fuente: Manual De Carreteras – Sección Suelos Y Pavimentos – XII PAVIMENTOS FLEXIBLES

f. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), El Índice de Serviciabilidad Presente es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

- **Serviciabilidad Inicial (Pi):** Es la condición de una vía recientemente construida.
- **Serviciabilidad Final (Pt):** La Serviciabilidad Terminal (Pt) es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	3.80
	T_{P2}	300,001	500,000	3.80
	T_{P3}	500,001	750,000	3.80
	T_{P4}	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T_{P15}	>30'000,000		4.20

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	2.00
	T_{P2}	300,001	500,000	2.00
	T_{P3}	500,001	750,000	2.00
	T_{P4}	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T_{P15}	>30'000,000		3.00

Tabla 22: Índice De Serviciabilidad Inicial (Pi) Y Final (Pt)
Fuente: Manual De Carreteras – Sección Suelos Y Pavimentos – Capítulo XII

- **Variación de Serviciabilidad (ΔPSI),** es la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	1.80
	T_{P2}	300,001	500,000	1.80
	T_{P3}	500,001	750,000	1.80
	T_{P4}	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	1.50
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	1.50
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	1.50
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	1.50
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	1.50
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	1.50
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	1.50
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	1.20
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	1.20
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	1.20
	T_{P15}	>30'000,000		1.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: Diferencial De Serviciabilidad
Fuente: Manual De Carreteras – Sección Suelos Y Pavimentos – Capítulo XII

g. **Número Estructural Propuesto (SNR),** Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de subbase, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{SN = a_1\, x\, d_1 + a_2\, x\, d_2\, x\, m_2 + a_3\, x\, d_3\, x\, m_3}$$

Dónde:

$a_1, a_2, a_3 = Coeficientes\ estructurales\ de\ las\ capas$

$d_1, d_2, d_3 = Espesores\ de\ las\ capas$

$m_2, m_3 = Coeficientes\ de\ drenaje\ para\ las\ capas\ de\ bases\ y\ subbases.$

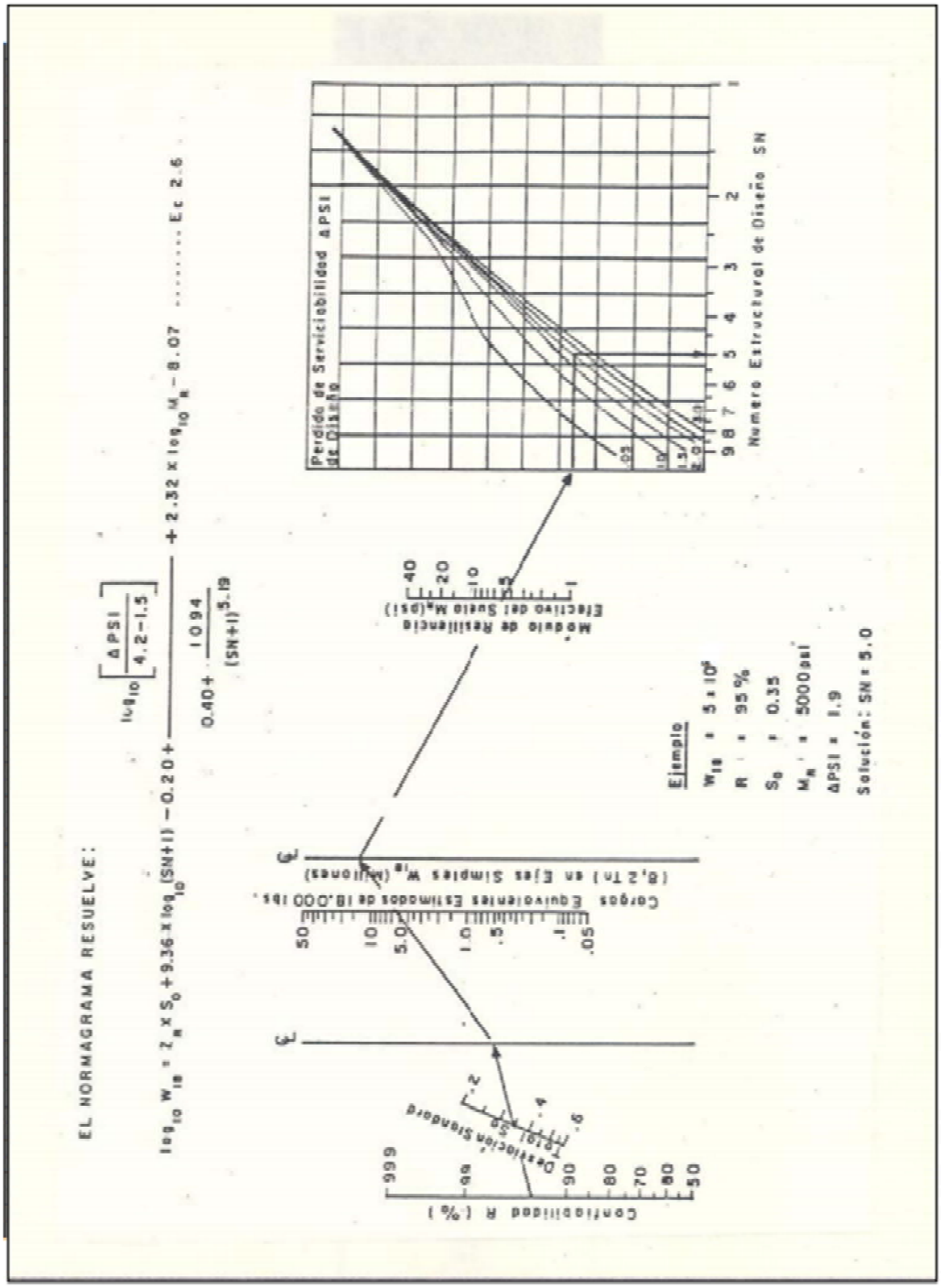
Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. A continuación, se resalta las tablas y valores de los Coeficientes estructurales y de drenaje.

COEFICIENTES ESTRUCTURALES Y DE DRENAJE (a_i y m_i):

"Los coeficientes estructurales (ai) que son empleados en el Método AASHTO '93, para los diversos materiales/mezclas son los siguientes:

- Mezclas de concreto asfáltico para la capa de rodamiento y para mezclas en capas intermedias (distintas a rodamiento)
    - **Caso A:** en que se conoce el Módulo Elástico de la mezcla asfáltica. Se presenta un gráfico que puede ser empleado para determinar el valor de (**arod**) de mezclas densamente gradadas de concreto asfáltico, a partir del módulo de elasticidad **[Eca],** el cual, a su vez, debe haber sido determinado mediante el ensayo de laboratorio ASTM D4123 ó ASTM C469.

Figura 29: Nomograma Para Resolver Ecuación – Método AASHTO 93
Fuente: GUÍA AASHTO 93



Debe alertarse sobre la determinación de los coeficientes estructurales en mezclas de concreto asfáltico con valores de [Eca] mayores a 450.000 psi, ya que incremento en rigidez va acompañada por un aumento en su susceptibilidad en el agrietamiento por temperatura y por fatiga, en el caso de MAC convencionales, no así en MAC de "Alto Módulo", las cuales son preparadas con asfaltos modificados, que les imparten propiedades especiales de elasticidad"[32]

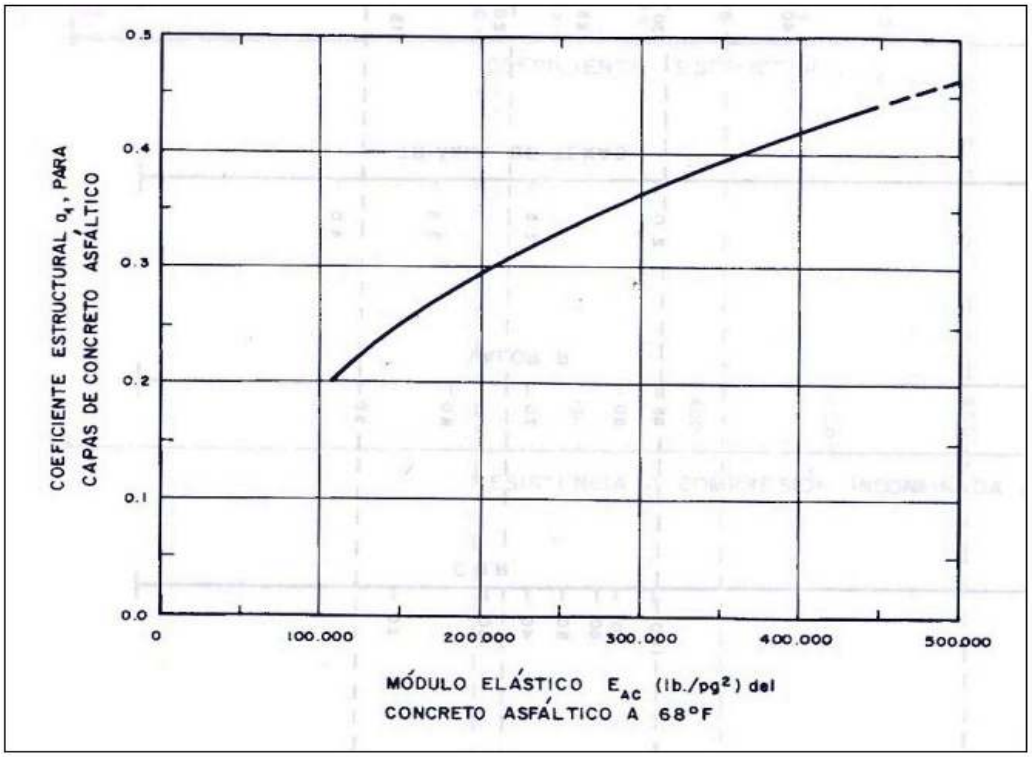


Figura 30: Valores De Coeficiente Estructural (Arod) Para Mezclas Asfálticas – a1
Fuente: Guía AASHTO 93

[32] *AASHTO GUIDE – Método AASHTO 93*

- **Caso B:** en que NO se conoce el Módulo Elástico de la mezcla asfáltica. En el caso de que no se disponga del valor del Módulo de Elasticidad de la mezcla asfáltica, puede emplearse el gráfico de la Figura 7, para estimar el coeficiente estructural (arod), a partir de la estabilidad Marshall de la mezcla. (Este gráfico es el mismo que se emplea en el Método AASHTO '72 para la determinación del coeficiente estructural de las capas de concreto asfáltico).

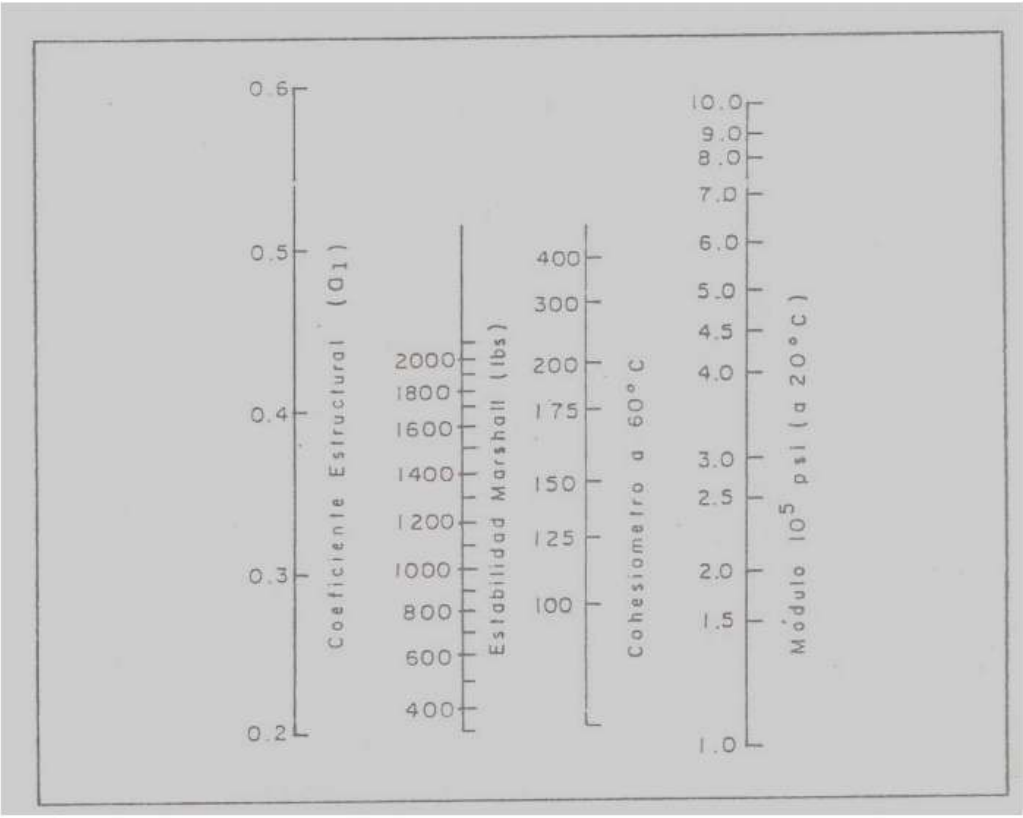


Figura 31: Valores de Coeficiente Estructural (a1) para Mezclas Asfálticas
Fuente: Guía AASHTO 93

- **Bases granulares no-tratadas (a2):** El coeficiente estructural para el caso de que la capa base esté constituida por agregados no-tratados (ab) (tal como es el caso de las bases de piedra picada, grava triturada, grava cernida, macadam hidráulico, etc.), se determina, a partir del Módulo de Elasticidad (Módulo Resiliente) (Eb), mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$a_{base\ granular} = \mathbf{0.249}\ (\boldsymbol{Log\ Eb}) - \mathbf{0.977}$$

Según la Guía AASHTO 93, para esta ecuación debe tomarse en cuenta que el valor se acota en un máximo de 0.14, excepto cuando se emplea **agregado siderúrgico** (Escoria) con CBR>110%, cuando se acepta un valor de 0.15.[33]

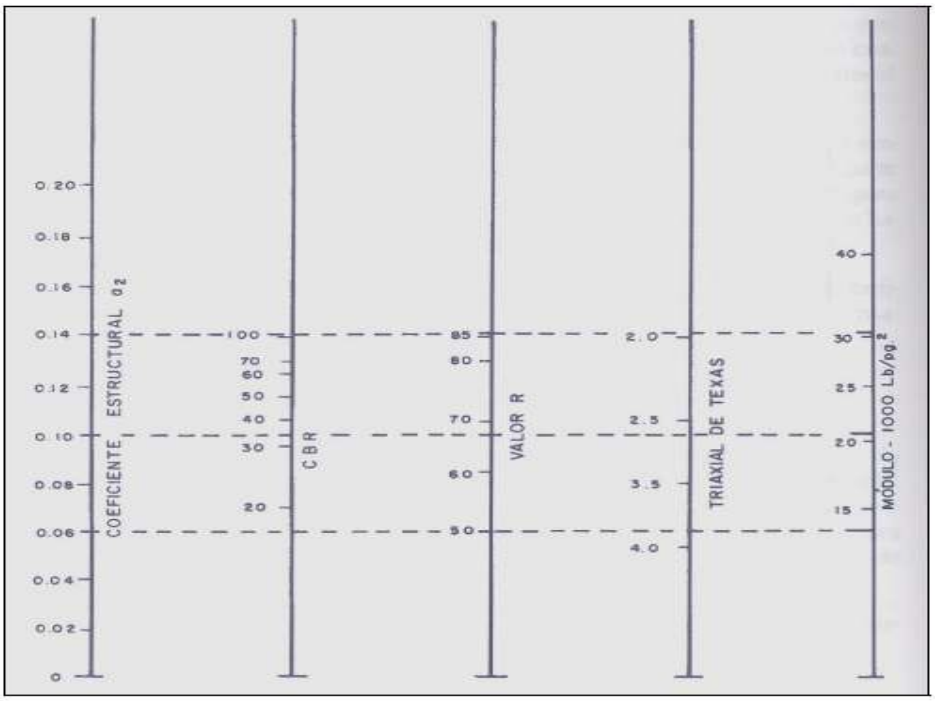


Figura 32: Valores De Coeficiente Estructural (a2) Para Bases Granulares
Fuente: GUÍA AASHTO 93

- **Sub-bases granulares no-tratadas:** El coeficiente estructural para el caso de que la capa base esté constituida por agregados no-tratados (asb) (tal como es el caso de las sub-bases de grava cernida, granzón natural, granzón mezclado,

[33] *Valor Recomendado en Diseños de Pavimentos con Escoria, debido al exceso de CBR – Según la Guía AASHTO 93*

etc.), se determina, a partir del Módulo de Elasticidad (Módulo Resiliente) (Esb), mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$a_{sub\ base} = 0.227\ (Log\ Esb) - 0.839$$

Para esta ecuación debe tomarse en cuenta que el valor se acota en un máximo de 0.13.

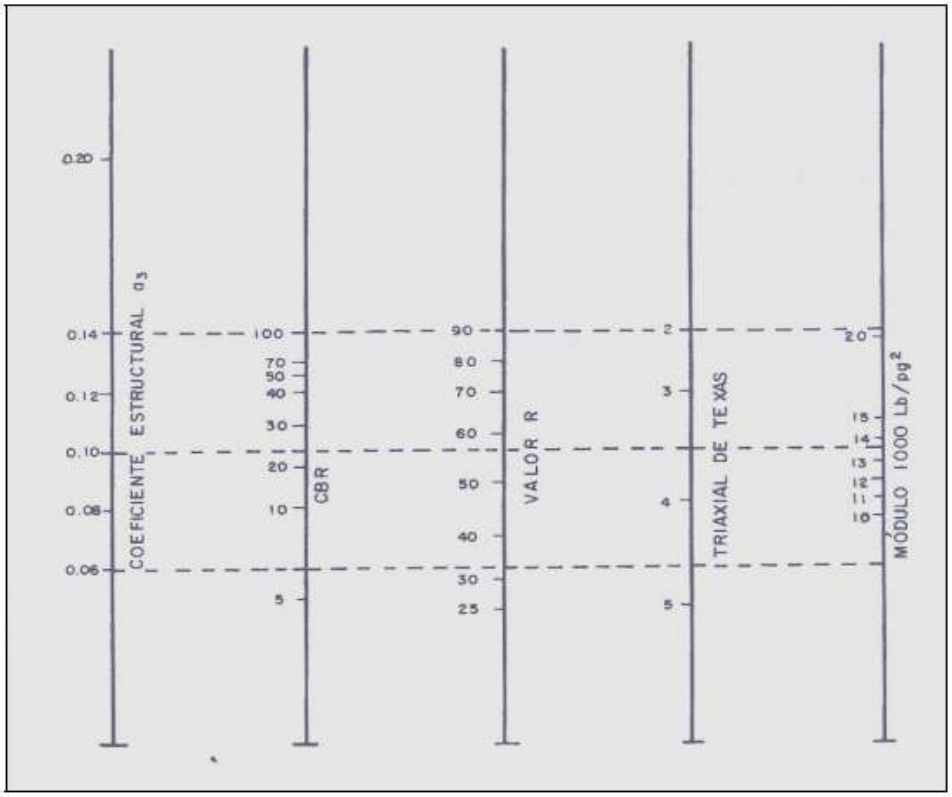


Figura 33: Valores De Coeficiente Estructural (A3) Para Sub Bases Granulares
Fuente: Guía AASHTO 93

Existen otros valores de coeficientes estructurales que define el AASHTO 93, consiste en:

- Bases Estabilizadas con cemento
- Mezclas Asfálticas producto de reciclaje en frío con asfalto
- Mezclas Asfálticas en frío empleadas como capa de base.

El Método AASHTO '93 para el diseño de pavimentos flexibles proporciona un sistema para ajustar los coeficientes estructurales en forma tal que tomen en

consideración de los niveles de drenaje sobre el comportamiento del futuro pavimento. Los niveles de drenaje que han sido definidos en este método son:

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 dia
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Tabla 24: Calidad De Drenaje En Pavimemtos Flexibles
Fuente: Manual De Carreteras – Sección Suelos Y Pavimentos – Capítulo XII Pavimentos Flexibles

Los coeficientes de drenaje m_i, para porcentajes del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación y calidad del drenaje.

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Tabla 25: Coeficientes De Drenaje m_i
Fuente: Manual De Carreteras – Sección Suelos Y Pavimentos – Capítulo Xii Pavimentos Flexibles

1.3 MARCO CONCEPTUAL:

- **ASTM:** Sociedad Americana para el Ensaye e Inspección de los Materiales, (American Society for Testing Material).
- **Asfalto:** También denominado chapopote, es un material viscoso, pegajoso y de color plomo. Se utiliza mezclado con arena o gravilla para pavimentar caminos y como revestimiento impermeabilizante de muros y tejados.
- **AASHTO:** La **Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes** o por sus siglas en inglés **AASHTO**, de **American Association of State Highway and Transportation Officials**, es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos.
- **Bitumen:** Es una mezcla de sustancias orgánicas altamente viscosa, negra, de alta densidad completamente soluble en disulfuro de carbono y compuesta principalmente por hidrocarburos aromáticos policíclicos.
- **CBR:** Es una prueba de penetración para comprobar las características mecánicas de un suelo. Fue desarrollado por el Departamento de Transportes de California antes de la Segunda Guerra mundial. La prueba consiste en medir la presión necesaria para hacer penetrar un pistón en una muestra de suelo. Se calcula en un laboratorio, haciendo penetrar un pistón en una muestra de suelo, a velocidad constante de 1,27 mm/minuto a una profundidad de 0,1 y 0,2 pulgadas.
- **Compactación**: Es el proceso por el cual un esfuerzo aplicado a un suelo causa densificación a medida que el aire se desplaza de los poros entre los granos del suelo.
- **Emulsión Asfáltica:** Son una mezcla de asfalto con agua que con el emulsificante una emulsión estable que permite tender las carpetas asfálticas "en frío", es decir, a temperaturas menores a 100°C.
- **Lignito:** Es un carbón mineral que se forma por compresión de la turba, convirtiéndose en una sustancia desmenuzable en la que aún se pueden reconocer algunas estructuras vegetales.

- **Poliadición** Se produce entre monómeros con enlaces dobles o triples en el momento, debe haber, como mínimo dos enlaces saturados.
- **Puzolana:** Son materiales silíceos o alumino-silíceos a partir de los cuales se producía históricamente el cemento, desde la antigüedad romana hasta la invención del cemento Portland en el siglo XIX. Hoy en día el cemento puzolánico se considera un ecomaterial.
- **Resina:** Material orgánico sólido, generalmente no soluble en agua, que tiene poca o ninguna tendencia a cristalizarse.
- **Suelo – Cemento:** Mezcla de suelo y cantidades de medida de cemento Portland y agua, compactada a alta densidad.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

En la Actualidad, el Perú desde hace décadas, ha tenido una creciente demanda de explotación de grandes cantidades de materiales en el sector industrias para la construcción.

Las demandas de producción de Acero, ha conllevado a aumentos de desechos industriales, que resultan ser muy contaminantes, por lo que, existen protocolos de control y contaminación con las empresas encargadas a la producción de este material, y de fomentar medidas de prevención, cuidado y mantenimiento del medio ambiente.

Por otro lado, las canteras, han sido y serán por muchos años, la fuente de extracción de agregado para el abastecimiento, uso y diseño en los diferentes campos de la Construcción, por lo que éstas deben recibir un control ante su explotación, ya que ocasiona grandes cambios medioambientales, tanto como cambios de paisaje hasta la circulación de sustancias y/o energía en el entorno. Cabe resaltar que estos desechos mineros recurren a la pérdida de la Biodiversidad, ya que mayormente las canteras están proyectadas a satisfacer al sector de construcción por 20 años, mientras otras en todo el Perú podrían encontrarse ya al abandono.

En relación a estos hechos, se ha dado oportunidad en otros países, de utilizar los desechos industriales de acería, como producto estabilizante en suelos, estabilizante de bases y sub-bases en pavimentos, como también en la calidad de diseño de mezcla asfáltica, generando una construcción de “pavimentos sostenibles” en el campo de la Ingeniería Civil.

- ¿Por qué?

  Falta de eficiencia en suelos y pavimentos en Ocucaje, sin uso de la Ecogravilla – Escoria de Horno Eléctrico Triturado en Pavimentos Flexibles

- ¿Por qué?

  Falta de conocimiento de la Ecogravilla y/o desechos siderúrgicos de las Acerías.

- ¿Por qué?

  Falta de actualización al Reglamento Nacional de Edificaciones y el Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, sobre Estabilización de suelos para Proyectos Viales con desechos siderúrgicos

- ¿Por qué?

  Falta de recursos e inversión económica para estudios de investigación.

2.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMAS:

2.2.1 PROBLEMA GENERAL:

- ¿En qué medida influye la eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje - Ica?

2.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICOS:

- ¿En qué medida influye el Nivel de Capacidad Portante (CBR) de la Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavimentos Flexibles el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje - Ica?

- ¿En qué medida influye el Grado de Compactación (Proctor) de la Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavimentos Flexibles el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje - Ica?

- ¿En qué medida influye la Curva Granulométrica de la Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje - Ica?

2.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA:

- **DELIMITACIÓN ESPACIAL O GEOGRÁFICA:**

  La presente investigación se realizó en el Distrito de Ocucaje, tomando muestras para su estudio en la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de Ica.

- **DELIMITACIÓN TEMPORAL:**

  El desarrollo de la investigación se dio durante el desarrollo del periodo del año 2019 (Enero – Junio)

- **DELIMITACIÓN CONCEPTUAL:**

  Basada en el estudio de las variables, cómo el caso de la Ecogravilla; el cual conlleva a investigar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas; y también del Diseño de

Pavimentos Flexibles, el cual se da el diseño correspondiente de pavimentos, siguiendo las normativas AASHTO y ASTM respecto a la Calidad de estudio.

2.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1 JUSTIFICACIÓN:

Determinar las capacidades portantes, calidad, propiedades físicas, mecánicas y químicas de la Ecogravilla para darle uso en Pavimentos Flexibles en la ciudad de Ica, esta investigación abarca puntos importantes, cómo, el reemplazo de la Ecogravilla a la piedra tradicional, otorgando características de prevención al medio ambiente, a su vez, dar estudio, acción y uso a los millones de toneladas de Escorias desechadas (por año) proveniente de las Acerías en el país, permitiendo el Desarrollo Sostenible ante la ejecución de Proyectos Viales.

Debido a su aún No lanzamiento Comercial y su desconocimiento por parte de la población, ha sido motivo de estudio, ejecución de obras, implementación en dosificaciones de Concreto debido a las características que la Escoria ofrece junto al Subsuelo y junto al Concreto.

Esta investigación constituye un implemento y aporte al uso de la Ecogravilla en la pavimentación de vías en zonas actualmente precarias y de difícil acceso, debido a la falta de inversión en estudio y de proyección, constando a la Ecogravilla como una de las soluciones ante problemas de pavimentación.

2.4.2 IMPORTANCIA:

La investigación es de carácter importante, debido a que aporta a nuevas aplicaciones al campo de la Ingeniería Civil, permitiendo mayor investigación en sus diferentes ramas. Además, la investigación permitirá incentivar a las Municipalidades o Entidades privadas o estatales, al uso de la Ecogravilla para soluciones prácticas en áreas o zonas sin algún trazo o trabajo de pavimentación.

Por lo tanto, el estudio a la Ecogravilla, se eligió con la finalidad de ser implementado a favor del Medio Ambiente, a favor de realizar soluciones prácticas a las Entidades Públicas y/o Privadas.

2.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

2.5.1 OBJETIVO GENERAL:

- Determinar el grado de influencia de la Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje - Ica.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar el grado de influencia del Nivel de Capacidad Portante (CBR) de la Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje - Ica.
- Determinar el grado de influencia el Grado de Compactación de la Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje - Ica.
- Determinar el grado de influencia de la Curva Granulométrica de la Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje - Ica.

2.6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:

2.6.1 HIPÓTESIS GENERAL:

- La Eficiencia de la Ecogravilla influye en el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje - Ica.

2.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

- El Nivel de Capacidad Portante (CBR) de la Eficiencia de la Ecogravilla influye en el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje – Ica
- El Grado de Compactación (Próctor) de la Eficiencia de la Ecogravilla influye en el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje – Ica
- La Curva Granulométrica de la Eficiencia de la Ecogravilla influye en el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje – Ica

2.7 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN:

2.7.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES:

- **VARIABLE DEPENDIENTE:**

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE – ICA

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:**

EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA

2.7.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DENIFICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO	NATURALEZA	ESCALA	INDICADORES	INSTRUMENTOS
EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA	Es la capacidad de utilizar de la mejor manera posible el desecho industrial de Escoria de Arco Eléctrico Triturada (Ecogravilla), para dotar una óptima resistencia mecánica a los suelos arenosos, de tal manera se contribuya a una construcción sostenible.	- Ensayo de CBR (%) - Ensayo de Próctor Modificado - Ensayo de Análisis Granulométrico (Manual MTC)	Variable Independiente	Cualitativa	Nominal	- Nivel de Capacidad Portante (CBR) - Grado de Compactación - Curva Granulométrica	- Equipo de Ensayo CBR (ASTM D 1883) - Equipo de Ensayo Proctor Modificado (ASTM D 1557) - Equipo de Ensayo de Análisis Granulométrico (MTC E 1103)
DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA	Es el proceso de determinación de combinación de materiales, obteniendo espesores de capas construidas con tales; que garanticen el comportamiento estructural de los pavimentos flexibles, que busca el beneficio económico-vial del sector estudiado	- Ensayo de Probetas Suelo-Cemento (Estabilizaciones) - Método AASHTO 93 - Calidad de materiales de construcción	Variable Dependiente	Cualitativa	Nominal	- Nivel de Capacidad y Grado de Compactación - Espesores del Paquete Estructural - Caracterización de los Agregados	- Equipo de Ensayo de Probetas de Suelo – Cemento - Equipos para Ensayo de Agregados (Manual MTC) - Diseño de Espesores de Pavimentos Flexibles

CAPITULO III

ESTRATEGIA METODOLÓGICA

CAPÍTULO III
ESTRATEGIA METODOLÓGICA

3.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

- **TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

El tipo de Investigación es Aplicada, por lo que se busca resolver problemas prácticos o específicos en obras viales que ya son conocidos o tratados, además que permita contrarrestar puntos generalizados en este proyecto.

- **NIVEL DE INVESTIGACIÓN:**

La Investigación posee un nivel Explicativo, porque explica el comportamiento, tanto para la variable independiente y la dependiente, ya mencionadas.

- **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

El diseño de la investigación es de carácter experimental, en el que se evaluará la Ecogravilla junto a la aplicación de una zona (suelo) determinado.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA MATERIA DE INVESTIGACIÓN:

- **POBLACIÓN DE ESTUDIO:**

Se tiene como población o universo al Distrito de Ocucaje

- **MUESTRA DE ESTUDIO:**

Se tiene como muestra de aplicación de estudio CC.PP San José de Pinilla (CENTRO), que se manifestará mediante el estudio de Suelos del sector.

CAPITULO IV
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO IV

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la presente tesis, se dio el uso de técnicas como:

- Uso del Internet
- Uso y recopilación de información por la Corporación de Aceros Arequipa S.A de acuerdo al estudio de su material acopiado.
- Reconocimiento de Campo y extracción de muestras de las canteras de la Planta N°2 de Pisco
- Reconocimiento de Campo, estudio de suelos y extracción de muestras en la zona de Estudio en el Distrito de Ocucaje
- Aplicación de estudio en el Laboratorio de Mecánica de Suelos
- Uso de información Bibliográfica sobre estudio de Escorias en Acería en el Perú.

4.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizó instrumentos de recolección cómo:

- Ficha Técnica de investigación – Corporación de Aceros Arequipa S.A
- Estudios Químicos, Mecánicos y Físicos – COVIPERÚ S.A
- Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos:
  - Ensayos de CBR
  - Ensayos de Próctor Modificado
  - Ensayo de Análisis Granulométrico
  - Ensayos de Ph
  - Densidad de Campo
- Ensayos en el Laboratorio de Química Analítica en la Facultad de Farmacia y Bioquímica
  - Ensayos de Sulfatos, Cloruros, SST.

4.3 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

TRABAJO EN CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

- **CARACTERÍSTICAS DEL SUELO – ZONA DE ESTUDIO**

En este capítulo se va especificar las características directamente al laboratorio de las muestras obtenidos del Estudio de Suelos desde Ocucaje, y de la Cantera (Ecogravilla), los resultados desde el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil. Se utilizó la Norma CE.010 PAVIMENTOS URBANOS del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, tomando como especificaciones a los Capítulos 3 y 4 del mismo.

- Reconocimiento de Campo:

Se realizó la visita a campo respectiva al Centro Poblado 'San José de Pinilla', encontrándose viviendas construidas con material de adobe y otras de material noble, parque central, local comunal en perfecto estado, presentándose también terrenos en condiciones generando polvo en el poco tránsito que existe en dicha zona rural.

En la visita a campo de la zona a tomarse de estudio en esta investigación, el terreno carece de pendientes pronunciadas, su zona de tránsito es llana (forma de Trocha) con presencia a pocos metros de rellenos o material orgánico (basura, desechos propios pobladores, desechos de ganados, etc.) También se presenció cantidades de escombros por desechos de casas por construir en la zona del C.P ‘San José de Pinilla’

Se visualizó el tránsito de vehículos de 3 a 2 ejes, llevando materiales de construcción en toda la zona del proyecto, cabe indicar que este dato fue tomado para el Estudio de Tráfico. El cuál el tránsito de estas genera gran cantidad de polvo, arrastrando material a viviendas y zonas cómo en cultivos cercanos al Centro Poblado, característica de ser una zona desértica.

El Centro Poblado Central de San José de Pinilla, presenta actualmente con los servicios eléctricos y servicios sanitarios (Desagüe y alcantarillado), presenta un ancho de vía aproximadamente de 25 metros.

El Centro Poblado, posee un local comunal típico de una zona rural, parque en perfecto estado y un colegio, por lo tanto, es de vital importancia pavimentar la zona para mejorar el tránsito, mejorar la estética del pueblo y para otorgarle al pueblo el desarrollo necesario que Ocucaje necesita.

Gran parte de los pobladores se dedican a la ganadería y agricultura, ciertas zonas se encuentran expuestas al derecho de vía, por lo que al realizarse la zona de estudio o la excavación de las calicatas (C-3), se encontró material rojizo o material orgánico (desechos de plantas).

- Topografía de la Zona de Estudio:

Luego de realizar el trabajo de reconocimiento de campo, se procedió a realizar un estudio topográfico, según la Municipalidad Distrital de Ocucaje, nos brindó el plano catastral y topográfico de la zona de estudio, en el cuál a través de equipos de precisión se permitió:

  - Obtención de datos e información de campo (levantamiento)
  - Procesamiento y verificación de la información de campo.
  - Elaboración de planos de planta, perfil y secciones transversales.

Se tomaron puntos de los límites de propiedad (marcados con troncos de madera), los puntos de cambio correspondientes, la ubicación de postes que mayormente se encontraban en las esquinas de las vías, buzones y otra instalación cómo esquinas de parque o locales cerca al levantamiento y que sirvan para su análisis topográfico.

- Equipos:

El equipo básico utilizado para el levantamiento topográfico fue el siguiente: Estación total de marca LEICA, modelo TS-02,

  - 01 GPS Navegador
  - 02 prismas reflectores
  - Trípode, wincha, cuaderno de campo, etc.
  - 01 Personal Auxiliar

- **RECONOCIMIENTO PRELIMINAR**

Previamente al inicio del Estudio de Topografía se procedió a realizar un reconocimiento preliminar, recopilando toda la información relevante del área de estudio. El uso de imágenes de satélite a manera de croquis permite un mejor reconocimiento de las instalaciones existentes.

En gabinete se dio mediante el uso de programa del AutoCad Civil3D, la creación de las curvas de nivel y diseño del pavimento a trazarse en la zona, realizándose perfiles longitudinales y secciones transversales a cada 10 metros desde el inicio del tramo. (0+000 – 0+697) m, aproximadamente.

NOTA: Las fotos mostradas en el trabajo de reconocimiento y estudio topográfico pertenece a mi autoría.

- Número de Puntos de Investigación:

La Norma clasifica el número de puntos de clasificación de acuerdo al tipo de Vía de la zona de estudio.

TIPO DE VÍA	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m^2)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Tabla 26: Número de Puntos de Investigación
Fuente: Norma Ce.010 Pavimentos Urbanos

El área de estudio corresponde a una vía Colectoras, de acuerdo al plano (Aproximadamente 8000 m2); los puntos de investigación serán de 3 calicatas (cómo mínimo según Norma CE.010), con una profundidad de 1.50 m.

La zona de estudio se ubica a 1 hora y 8 min desde la Plaza de Armas de Ica, hasta el Distrito de Ocucaje tomando como camino la Panamericana Sur / Carretera 1S con una distancia aproximada de 47.60 kilómetros.

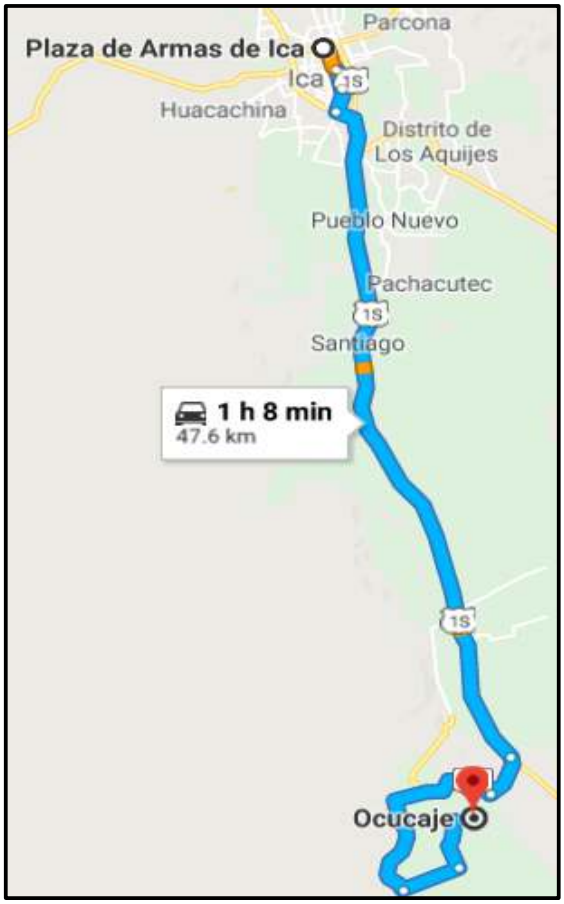


FIGURA 34: RECORRIDO HASTA EL PUNTO DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN
Fuente: Google Maps

El Estudio de Mecánica de Suelos en el Centro Poblado "San José de Pinilla" se desarrolló las siguientes calicatas:

CALICATAS	COORDENADAS WGS94		COORDENADAS PSAD 56	
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
C – 1	428870.709	8411811.793	429102.368	8412173.895
C – 2	428939.907	8411679.249	429171.567	8412041.348
C – 3	429027.629	8411397.645	429259.290	8411759.740

PLANO DE CALICATAS ANEXADO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

SOLICITA	:	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE
PROYECTO	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCAUCAJE - ICA
UBICACIÓN	:	CC.PP SAN JOSÉ DE PINILLA - OCUCAJE - ICA - ICA
FECHA	:	DICIEMBRE 2018

CALICATA Nº 1

PROFUNDIDAD METROS	SUCS	ESPESOR	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00	R	0.10			
0.20					CALICATA : C-1
0.40					MUESTRA : 1
0.60				Arena Limosa con presencia de Piedra de 3/8", Bajo Contenido De Humedad, de Compacidad Media, posee un color Beige.	TIPO EXCAVACIÓN : MANUAL
0.80	SM	1.40			PROF. EXCAVACIÓN : 1.50 m.
1.00					NIVEL FREÁTICO :
1.20					PROF. N.F. : -.-
1.40					NO SE ENCONTRO
1.60					NIVEL FREATICO
1.80					
2.00					
2.20					
2.30					
2.40					
2.60					
2.80					
3.00					

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

SOLICITA	:	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE
PROYECTO	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCAUCAJE - ICA
UBICACIÓN	:	CC.PP SAN JOSÉ DE PINILLA - OCUCAJE - ICA - ICA
FECHA	:	DICIEMBRE 2018

CALICATA Nº 2

PROFUNDIDAD METROS	SUCS	ESPESOR	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00	R	0.10			
0.20					CALICATA : C-2
0.40					MUESTRA : 1
0.60					TIPO EXCAVACIÓN : MANUAL
0.80	SM	1.40		Arena Limosa con presencia de Piedra de 3/8", Contenido De Humedad de rango medio, de Compacidad Media, posee un color Beige/Marrón. Las líneas de desagüe se encuentra a 1.20m	PROF. EXCAVACIÓN : 1.50 m.
1.00					NIVEL FREÁTICO :
1.20					PROF. N.F. : -.-
1.40					**NO SE ENCONTRO**
1.60					**NIVEL FREATICO**
1.80					
2.00					
2.20					
2.30					
2.40					
2.60					
2.80					

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

SOLICITA	:	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE
PROYECTO	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCAUCAJE - ICA
UBICACIÓN	:	CC.PP SAN JOSÉ DE PINILLA - OCUCAJE - ICA - ICA
FECHA	:	DICIEMBRE 2018

CALICATA Nº 3

PROFUNDIDAD METROS	SUCS	ESPESOR	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00	R	0.10			
0.20	SM	1.40		Arena Limosa con presencia de Piedra de 3/8", Contenido De Humedad de rango medio, de Compacidad Media, posee un color Beige/Marrón. Presencia de material orgánico color rojinegro.	CALICATA : C-3 MUESTRA : 1 TIPO EXCAVACIÓN : MANUAL PROF. EXCAVACIÓN : 1.50 m. NIVEL FREÁTICO : PROF. N.F. : -.- **NO SE ENCONTRO NIVEL FREATICO**
0.40					
0.60					
0.80					
1.00					
1.20					
1.40					
1.60					
1.80					
2.00					
2.20					
2.30					
2.40					
2.60					
2.80					
3.00					

- **NORMATIVIDAD ASTM**

Los ensayos aplicados en la presente tesis, se tomó en cuenta la norma de la Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM). Tomando en cuenta la calidad de los materiales para futuros usos en proyectos.

TIPO DE ENSAYO	REFERENCIA NORMATIVA	
ANALISIS GRANULOMÉTRICO	ASTM D 422	NTP 339.128:1999
CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM D 2216	NTP 339.127:1998
LÍMITES DE CONSISTENCIA	ASTMD D 4318	NTP 339.129:1999
LÍMITE LÍQUIDO	ASTM D 423	
LÍQUIDO PLÁSTICO	ASTM D 424	
ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO	ASTM D 1557	NTP 339.141:1999
ENSAYO DE CBR	ASTM 1883	NTP 339.145:1999
DENSIDAD DE CAMPO	MTC E 117	ASTM 1556
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	ASTM C 128 (Agregado Grueso)	ASTM C 127 (Agregado Fino)
ANÁLISIS QUÍMICOS (Sales Totales, Cloruros, Sulfatos, PH)	NTP 339.152:2002 – NTP 339.178:2002	

- **ANALISIS GRANULOMÉTRICO**

Este es un ensayo que nos permite cuantificar la distribución tamaños de las partículas del suelo. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75µm (N ° 200).

Equipo Necesario.

- ***Una balanza:*** *Balanza con* sensibilidad de 0.01g para pesar material retenido hasta el tamiz Nº 4, para pesar los materiales retenidos desde el tamiz Nº 8 hasta el tamiz Nº 200 (incluyendo el material que pasa el tamiz Nº 200).
- ***Tamices de malla cuadrada***
  - *Serie Gruesa* 76.2 mm (3"), 50.8 mm (2"), 38.1 mm (1-½"), 25.4mm (1"), 19.0 mm (¾"), 9.5 mm (3/8"), 4.76 mm (N ° 4)
  - *Serie Fina* 2.3mm (Nº 8), 2.00 mm (N ° 10), 0.84 mm (N ° 20), 0.59mm (Nº 30), 0.42 mm (N ° 40), 0.297mm (Nº 50), 0.25mm (Nº 60), 0.177mm (Nº 80), 0.149mm (Nº 100) ,0.074mm (Nº200).
- ***Horno o Estufa,*** capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 +-5°C (230 +- 9ºF)
- **Envases**, adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- **Cepillo y brocha**, para limpiar las mallas de los tamices.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

HORNO	**TAMICES**	**BALANZA (0.01gr)**
PALA	**TARAS**	**CEPILLOS**

- **PROCEDIMIENTO:**

Antes de realizar el tamizado, según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Por lo tanto, se procedió al lavado de la muestra sobre el tamiz de 0.074 mm. De acuerdo a tablas de ensayo, se considera cómo mínimo de porción de suelo a 500gr, de acuerdo al tamaño de las partículas (> 3/8"), Según el Manual de Ensayos, se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.

Una vez realizado el lavado, y además considerando que el material que pasa el Tamiz 200, considerado como Fondo; se realizará el tamizado a través de las mallas ya mencionadas. Se coloca la muestra en encima de la torre de tamices, y se desarrollará movimientos manuales circulares o a través de la máquina agitadora

automática (realiza movimientos de 10 minutos), una vez realizado el tamizado, se procede a pesar el Peso Retenido en cada Tamiz, evitando que se pierda el material retenido, con ayuda de un cepillo y recipiente con peso tara en 0.00.

Entonces, previo a los resultados del ensayo, se explicará por método gráfico (paso a paso) el ensayo desarrollado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil.

- **PROCEDIMIENTO GRÁFICO:**

PASO 1: *Pesamos una cantidad de 500 gr de las muestras de acuerdo al estrato de las calicatas a analizar.*

PASO 2: *Se lava la muestra a través del tamiz N° 200 (con las yemas de los dedos), hasta observar la claridad de las partículas y del agua, se procede a vaciarse en un recipiente.*

PASO 3: *El material lavado (Muestra secado al aire), es llevado al horno para proceder al secado por 24 horas.*

PASO 4: *El material secado en horno, se pesa para luego ser llevado al proceso del ensayo, sin los finos de fondo, se obtiene un Análisis Granulométrico más limpio.*

PASO 5: *Se realiza el proceso de Granulometría de acuerdo a los tamices ya mencionados, agitándolos y moviendo de forma circular.*

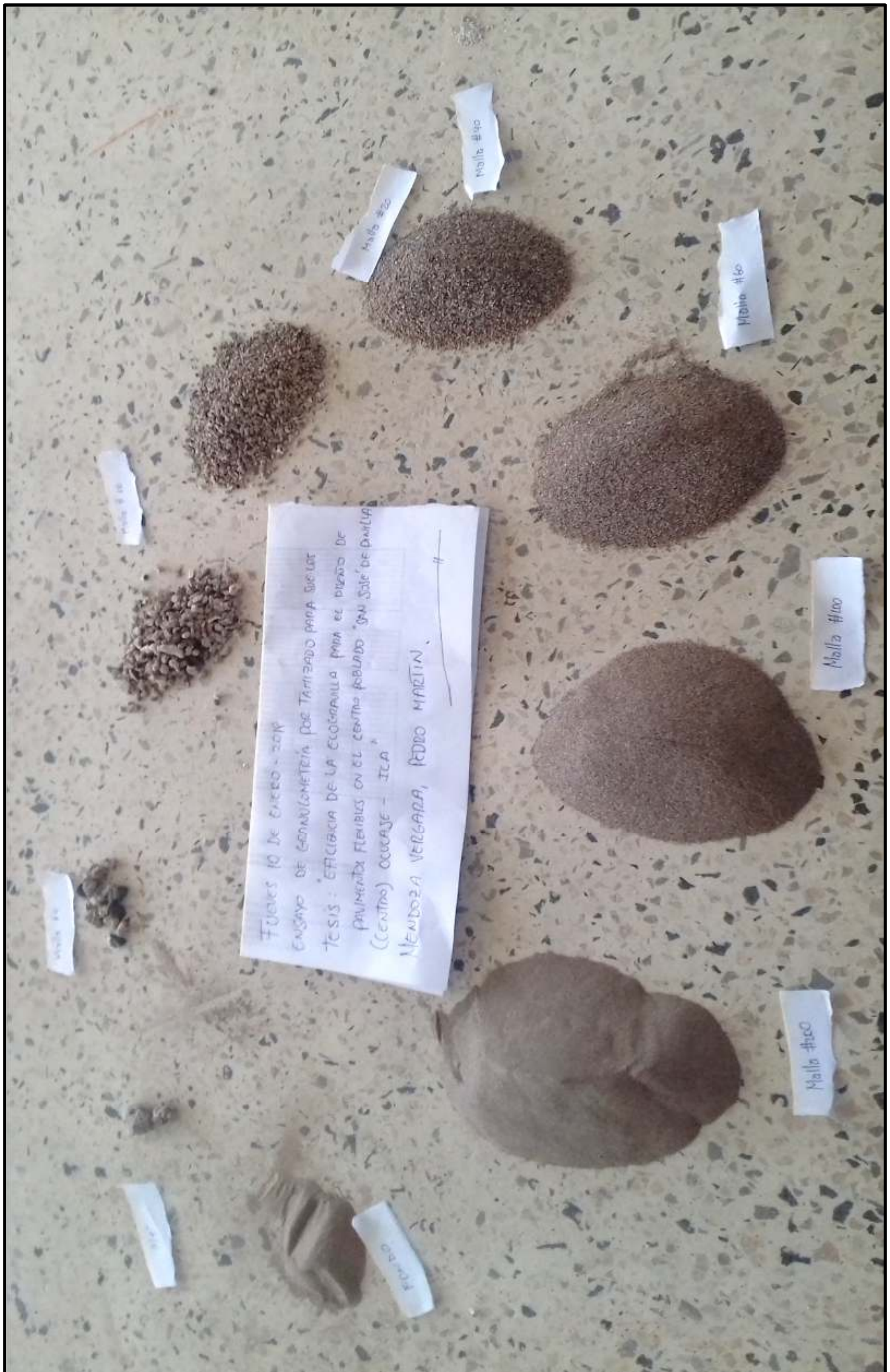
PASO 6: *A través de la balanza de sensibilidad 0.01gr, pesamos el material retenido en cada tamiz, para luego a través de las fórmulas hallaremos el %Retenido y %QuePasa.*

- ✓ Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\%\boldsymbol{Retenido} = \frac{\boldsymbol{Peso\ Retenido\ en\ el\ Tamiz}}{\boldsymbol{Peso\ Total}}\boldsymbol{x100}$$

- ✓ Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz: $\%\boldsymbol{Pasa} = \boldsymbol{100} - \%\boldsymbol{Retenido\ Acumulado}$
- ✓ Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\%\boldsymbol{Humedad\ Higroscópica} = \frac{\boldsymbol{W - W_1}}{\boldsymbol{W_1}}\boldsymbol{x100}$$


Malla #20
Malla #40
Malla #60
Malla #100
Malla #200
Jueves 10 de enero - 2018
Ensayo de granulometría por tamizado para tesis
Tesis: "Eficiencia de la geomalla para el diseño de pavimentos flexibles en el centro poblado 'San José de Dávila' (Centro) Ocucaje - Ica"
Mendoza Vergara, Pedro Martin.

CONTENIDO DE HUMEDAD:

El **contenido de agua** o **humedad** es la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo (la **humedad del suelo**), las rocas, la cerámica o la madera medida en base a análisis volumétricos o gravimétricos. Esta propiedad se utiliza en una amplia gama de áreas científicas y técnicas y se expresa como una proporción que puede ir de 0 (completamente seca) hasta el valor de la porosidad de los materiales en el punto de saturación.

- **Materiales y Equipos:**

HORNO	**2 TARAS**	**BALANZA ELÉCTRICA**

PROCEDIMIENTO:

Para hallar el contenido de humedad del agregado, mayormente se basa en la variación de su peso, es decir, al traer el agregado grueso de cantera (obra), a lo mismo que el agregado fino del río, se encuentra en estado húmedo; el contenido de humedad es medido mediante la variación de pesos (entre húmedos y secos) de los agregados, que son pasados a través de un horno por 24 horas a 110ºC e inmediatamente se pesa. Se realizó 2 pruebas, se realizó cálculos y se determinó un promedio de Contenido de Humedad.

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

1º PASO: Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor o tara (Previo pesado de esta). Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza

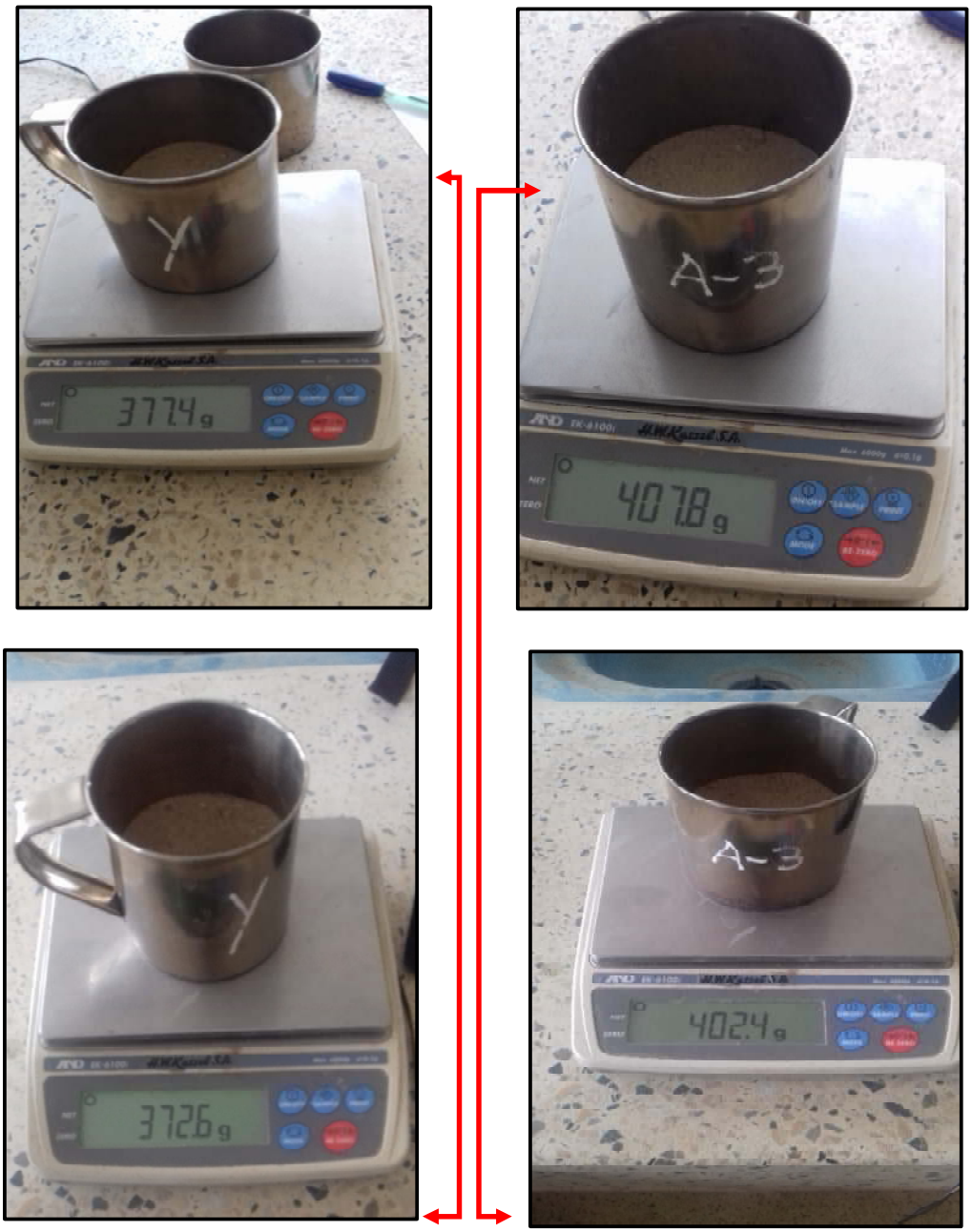
PESO TARA + AGREGADO *(Humedad natural)*

2º PASO: Colocamos la tara con el material húmedo en el horno, secar el material por 24 horas. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 ºC a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para mantener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores.

3º PASO: Ambas Taras después de extraer el horno (24hr) es pesado, es aquí donde realizamos el cálculo de %Humedad de la Muestra.

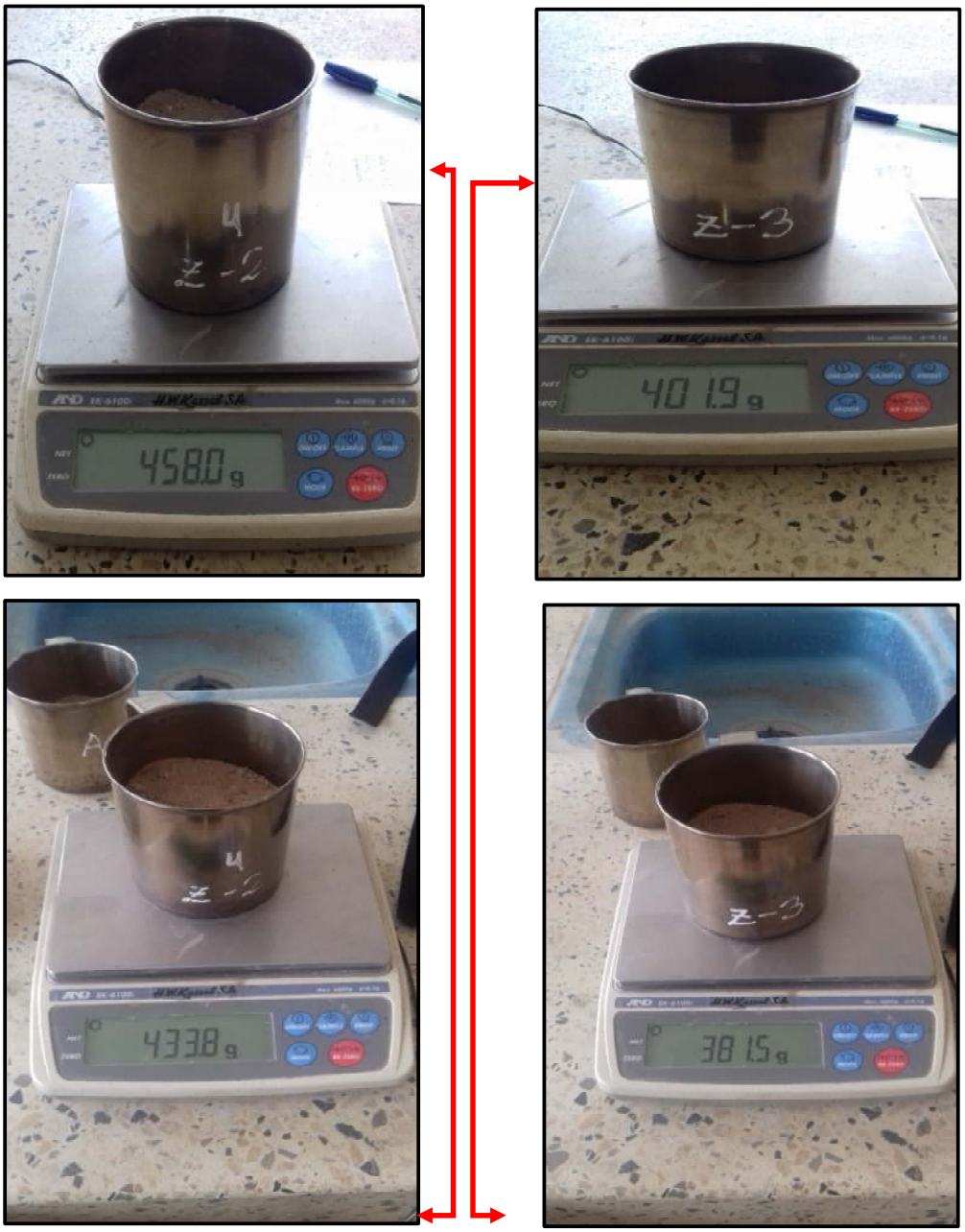
$$W = \left(\frac{Peso\ Húmedo - Peso\ Seco}{Peso\ Seco}\right) x100$$

CALICATA 1 – ESTRATO 1:



TARAS	PESO TARA	P. T + M. HÚMEDO	P.T + MUESTRA SECA
Y	87.20 gr	377.50 gr	372.60 gr
A-3	86.50 gr	407.80 gr	402.40 gr

CALICATA 2 – ESTRATO 1:



TARAS	PESO TARA	P. T + M. HÚMEDO	P.T + MUESTRA SECA
Z-2	94.00 gr	458.10 gr	433.80 gr
Z-3	86.90 gr	401.90 gr	381.50 gr

CALICATA 3 – ESTRATO 1:

TARAS	PESO TARA	P. T + M. HÚMEDO	P.T + MUESTRA SECA
P1	91.60 gr	425.90 gr	381.60 gr
T-2	83.00 gr	388.0 r	348.40r

- **LÍMITES DE CONSISTENCIA**

    - **LÍMITE LÍQUIDO – ASTM D423**

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido. El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

Equipo.

- ***Un mortero*.** Una vasija de cerámica para colocar la muestra.
- ***Espátula*.** Hoja flexible de 3" de longitud y ¾" de ancho aproximadamente.
- ***Aparato del límite líquido* (o de Casagrande).**De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes.

- ***Acanalador*.** Que sirve para hacer una hendidura en el material, existen dos tipos (ver foto Nº 15): *Bronce* para material arcilloso y *Laminar* para material no plástico.
- ***Recipientes*.** De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos.
- ***Balanza***. Una balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- ***Estufa***. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110+-5 °C (230 + - 9 °F) para secar la muestra.

Ajuste del Equipo a Utilizar.

Deberá inspeccionarse el aparato de límite líquido, de acuerdo al material en el Laboratorio se encuentra en buenas condiciones.

Procedimiento.

- Tomamos una muestra que pese aproximadamente 200 g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (N ° 40).
- Depositamos el material en un tazón y le añadimos agua, envolviendo hasta que la humedad sea uniforme y le dé a la mezcla una consistencia moldeable.
- Trasladamos una porción de la muestra a la cuchara de bronce del Casagrande, llenándola aproximadamente un tercio del total, con la espátula emparejamos el material dándole la forma de un círculo que tiene una profundidad máxima de 1 cm.
- Con el acanalador hicimos una hendidura en el centro del círculo formado, de un extremo a otro, y limpiamos la hendidura con la espátula de modo que esa perfectamente visible. Giramos la manija de la tasa de bronce, a una velocidad de dos (2) revoluciones por segundo aproximadamente, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 0.5" o 1.27 cm. Anotamos el número de golpes requeridos para cerrar la ranura, en una longitud de 1.27cm
- Sacamos una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, Pesamos y anotamos. Colocamos el suelo dentro del envase en el horno a 110 ± 5 °C hasta obtener un peso constante y volvemos a pesar tan pronto como se haya enfriado, pero antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Anotamos el peso de la muestra seca.
- Repetimos la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le hemos agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. Nuestro objetivo es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; o valores comprendidos entre 10 y 40.

$$\boldsymbol{Contenido\ de\ Humedad}\ \% = \frac{\boldsymbol{Peso\ del\ Agua}}{\boldsymbol{Peso\ del\ Suelo\ Seco\ en\ horno}}\ \boldsymbol{x\ 100}$$

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

PASO 1: Pesamos una muestra que según norma debe ser de 150 a 200 gr de este en un recipiente.

PASO 2: Vaciamos la muestra ya pesada en el tamiz #40, que a través de movimientos circulares y sacudidas, obtenemos el material que pasará al fondo.

PASO 3: Sacudir de forma circular el tamiz, para asegurarnos que pasa el material de fino necesario para el ensayo.

PASO 4: El material que pasa al fondo, se vaciará en un recipiente, el cual, a través de la espátula se agregará el material al mortero.

PASO 5: La espátula junto a la piseta, se agregará agua al mortero de cerámico, para establecer la mezcla indicada, entre seco y húmedo según lo que se busca.

PASO 6: Se colocará la mezcla en forma recta en el Aparato de Casagrande, en el cuál debemos evitar excesos a sus lados, se obtiene una mezcla monolítica.

PASO 7: A través de la canaleta se dividirá por la mitad a la mezcla ya colocada, de tal manera que obtengamos 0.5" (1.27cm) de distancia entre las dos mezclas.

PASO 8: El ensayo termina de tal manera que al recibir los golpes (2 rev/seg), las dos mezclas hagan contacto, y se realiza el corte de acuerdo al lugar de unión.

PASO 9: Se quita el material cortado y se coloca en tara para ser llevado al horno, para luego ser pesado nuevamente y obtenemos la gráfica de Nº de golpes vs Humedad *Se calcula el contenido de humedad y se procede al diagrama de fluidez y determinar para N=25 golpes*

CALICATA 1

CALICATA 2

CALICATA 3

- **LÍMITE PLÁSTICO – ASTM D424**

Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo, y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo. Se denomina limite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3 mm de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen.

Equipo.

- ***Espátula****, de hoja flexible*, de unos 3" de longitud por 3/4" de ancho
- ***Mortero,*** *de cerámico para preparación de muestra.*
- ***Balanza***, con aproximación a 0.01 g.
- ***Horno o Estufa***, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- **Tamiz**, de 425 mm (N° 40)
- **Recipientes** para determinar el contenido de humedad.
- **Espátula de acero inoxidable**, con hoja de aproximadamente 80 x 20 mm, para mezclar el material con el agua.
- **Superficie lisa.** Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

PISETA	**TAMIZ Nº 40**	**VIDRIO GRUESO**

Procedimiento:

- Tomamos aproximadamente 20g. de muestra que pase por el tamiz N° 40, amasamos con agua hasta que podamos formar con facilidad una esfera con la masa de suelo. Tomamos una porción de unos 6 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.

- Moldeamos la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, volvemos a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- Colocamos la porción obtenida en recipientes y pesamos, nosotros como mínimo usamos tres muestras por ensayo, llevamos las muestras al horno.
- Una vez que las muestras estén secas registramos y anotamos el peso. Con las tres muestras sacamos un valor promedio de Límite plástico.

El límite plástico es el promedio de las humedades. Se expresa como porcentaje de humedad, con una cifra decimal y se calcula.

$$\boldsymbol{Límite\ plástico = \frac{Peso\ del\ Agua}{Peso\ del\ Suelo\ Seco\ en\ horno}\ x\ 100}$$

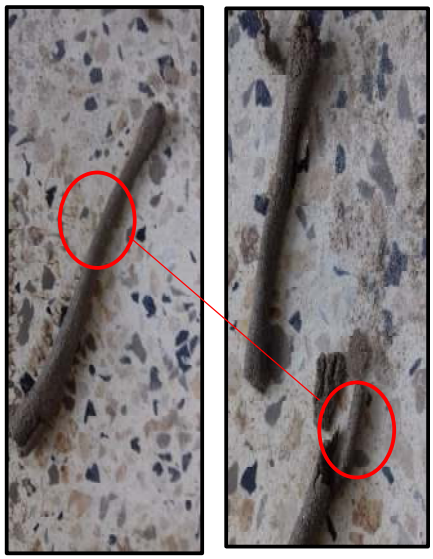
Una vez obtenido ambos límites, se procede a calcular el Índice de Plasticidad para proceder a la Carta de Plasticidad, sea:

$$\boldsymbol{Indice\ de\ Plasticidad = Límite\ Líquido - Límite\ Plástico}$$

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

PASO 1, 2, 3,4 (Idem 3.1.3.1): Pesamos la muestra una cantidad de 20 gr, que luego debe ser sacudido en el tamiz #40 propio del ensayo de Límite Líquido.

PASO 5: Se coge una parte de la muestra (aprox. 15 gr), y se intentará dar una forma de esfera, de manera que quede pegada a los dedos de la mano.



PASO 6: Con la yema de los dedos sobre el vidrio grueso o una superficie plana se debe generar cilindros hasta 3.2 mm de diámetro, y un tamaño mínimo entre 3 a 6 mm.

PASO 7: El material desmoronado, se colocará en tara y pesado (P.T+M.Húmeda) El cuál será llevado para calcular su contenido de humedad al horno.

- **PESO ESPECÍFICO DE LOS SUELOS**

El suelo está formado por un conjunto de partículas sólidas que forman una estructura en cuyo seno existen huecos ocupados por agua y aire en proporciones variables. El "peso específico de un suelo", como relación entre el peso y su volumen, es un valor dependiente de la humedad, de los huecos de aire y del peso específico de las partículas sólidas. Para evitar confusiones, las determinaciones de los ensayos de laboratorio facilitan por un lado el "peso específico seco" y por otro la humedad. Fijémonos que este término es diferente de la "densidad del suelo", que establece una relación entre la masa y el volumen. También suele utilizarse un valor adimensional denominado, "peso específico relativo", definido como el cociente entre el peso específico del suelo y el peso específico del agua a una temperatura determinada. Los valores típicos de gravedades específicas para los sólidos del suelo son entre 2.65 y 2.72. En la figura que sigue se observan los componentes de un suelo, con las notaciones sobre sus pesos y volúmenes, lo cual permite definir parámetros que caracterizan el estado físico de dicho suelo.[34]

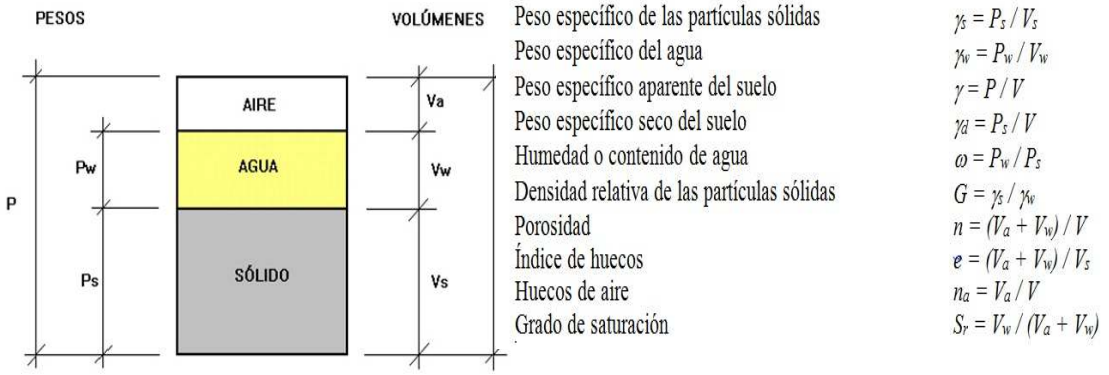


Figura 35: Peso Específico de los Suelos
Fuente: Blog Victor López

[34] *Artículo: Peso Específico de los Suelos*
Autor: Blog – Víctor López.

- **GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113):**

Este método de ensayo cubre la determinación de la gravedad específica de sólidos de suelo que pasan el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) mediante un picnómetro de agua. Cuando el suelo contiene partículas más grandes que la malla de 4,75 mm, el Método de Ensayo MTC E 206 podrá ser usado para los sólidos de suelo retenidos en el tamiz de 4,75 mm y este método de ensayo podrá ser usado para los sólidos de suelo que pasen el tamiz de 4,75 mm.

Los sólidos de suelo para estos métodos de ensayo no incluyen sólidos los cuales puedan ser alterados por estos métodos, contaminados con una sustancia que prohíba el uso de estos métodos, o que son sólidos de suelo altamente orgánicos, tales como materias fibrosas flotando en el agua.

- La gravedad específica de los sólidos de suelo es usado en el cálculo de las relaciones de fase de suelos, tales como relación de vacíos y grado de saturación.
- La gravedad específica de sólidos de suelo es usado para calcular la densidad de los sólidos de suelo.
- El término de sólidos de suelo es típicamente asumido a representar partículas minerales formadas naturalmente o suelo como partículas que no son solubles rápidamente en el agua.

La gravedad específica Gs de un suelo sin ninguna calificación se toma como el valor promedio para los granos del suelo. Si en desarrollo de una discusión no se aclara adecuadamente a qué gravedad específica se refieren algunos valores numéricos dados, la magnitud de dichos valores puede indicar el uso correcto, pues la gravedad específica de los granos del suelo es siempre bastante mayor que la gravedad específica volumétrica determinada incluyendo los vacíos de los suelos en el cálculo.

La gravedad específica de cualquier sustancia se define como el peso unitario de material en cuestión dividido por el peso unitario del agua destilada a 4º C. Así, si seconsideran solamente los granos del suelo se obtienen. Gs como:

$$Gs = \frac{Ws}{W\ frasco\ w - W\ frascosw + Ws}$$

Donde:

$Gs = Peso\ Específico\ relativo\ de\ Sólidos\ (Agregado\ fino).$

$Ws = Peso\ seco.$

$W\ frasco\ w = Peso\ de\ la\ fiola.$

$W\ frasco\ sw = Peso\ de\ la\ fiola + Agregado + agua.$

A continuación se presenta valores típicos de Gs que pueden ser utilizados como guía para calibrar los resultados de ensayos de laboratorio:

TIPO DE SUELO	Gs
Arena	2.65 – 2.67
Arena Limosa	2.67 – 2.70
Arena Inorgánica	2.70 – 2.80
Suelos con micas o hierro	2.75 – 3.00
Suelos Orgánicos	inferior a 2.00

Tabla 27: Gravedad Especifica De Los Suelos
Fuente: Informe De Escorias – Manual De Carreteras – Aceros Arequipa S.A

NOTA: En el caso de la Escoria según investigaciones, considera un Peso Específico de 2.70 gr/cm3 a 3.24 gr/cm3 (Grueso y Fino) por lo que son clasificados como materiales duros, con presencia de material férreo que aumenta su densidad y su resistencia.

- **DENSIDAD DE CAMPO**

Este ensayo, posee usos cómo:

- Para determinar la densidad de suelos compactados que se encuentran en el lugar durante la construcción de terraplenes de tierra, capas de rodadura, rellenos de carreteras y estructuras de contención. Es comúnmente utilizado como base de aceptación para suelos compactados a una densidad específica o a un porcentaje de densidad máxima determinada por un método de ensayo normado.
- Para determinar la densidad in-situ de depósitos de suelos naturales, agregados, mezcla de suelos u otro material similar.

Cómo se hace mención este ensayo es muy utilizado para comparar, controlar y verificar el grado de compactación de acuerdo a las densidades secas halladas en laboratorio e in situ. Lo cual implica controles de humedad, cómo también los controles de compactación en el suelo de estudio.

Equipos y Herramientas:

- **Equipo de Densidad de Campo:**
    - **Cono Metálico de 4":** Un dispositivo desarmable que consiste en una válvula cilíndrica con un orificio de ½" (13 mm) de diámetro, unido a un embudo de metal, un contenedor de arena con terminación en punta conectado y a un embudo largo de metal (cono de arena) en el otro extremo y un frasco desarmable u otro contenedor de arena que tenga una capacidad de volumen que exceda el volumen requerido para llenar el orificio de prueba y el aparato durante la prueba
    - **Arena Calibrada:** Un frasco desarmable u otro contenedor de arena que tenga una capacidad de volumen que exceda el volumen requerido para llenar el orificio de prueba y el aparato durante la prueba. Nota: Debe estar libre de finos y partículas de arena fina para prevenir cambios significativos en la densidad de la masa por cambios diarios en la humedad atmosférica. Son deseable arenas naturales, redondeadas
    - **Placa Metálica Hueca:** plato de metal cuadrado ó rectangular, con un orificio central y un borde para recibir el embudo grande (cono) del aparato descrito en 4.1.1-B de este ensayo. La placa debe ser plana y cuadrada en la base y será como mínimo 3" (75 mm) más largo que el embudo (cono de arena) y será lo suficientemente grueso como para mantenerse rígido, con un espesor de 3/8" a 1/2" (10 a 13mm).
    - **Balanza:** Una balanza de capacidad mínima de 20 kg con una sensibilidad de 5,0 g de lectura es aceptable para determinar la masa de la arena y el suelo excavado cuando se utiliza el aparato con las dimensiones mostradas en la fig 1.

- **Equipo Diverso:** Cuchillo, pico pequeño, cincel, espátula pequeña, destornillador o cucharas para excavar el hoyo del ensayo, cubos con tapa, latas de estaño sin costuras laterales ó de aluminio con tapa, costales plásticos u otro recipiente adecuado para retener la densidad y humedad de la muestra y la densidad de la arena; termómetro para la determinación de la temperatura del agua, brocha pequeña, calculadora, libreta de apuntes, etc.

PROCEDIMIENTO:

1º Se debe calibrar el equipo de densidad de campo, para de esta forma obtener el peso volumétrico de la arena calibrada y el peso de ésta.

2º Se debe nivelar el suelo a tomar de muestra, retirando todo material suelto presente.

3º Se coloca la placa rectangular y se inicia la perforación teniendo como guía el agujero interior o hueco de la placa, a una profundidad de 10 a 12 cm.

4º El material extraído desde el hueco de la placa rectangular se debe colocar y separar en una bolsa plástica, en el cual se deberá pesar.

5º Para determinar el volumen del agujero, se debe de determinar el peso inicial del frasco con la arena calibrada.

6º Se invierte el envase hacia el hueco de la placa, la cual está colocada en la parte superior del agujero; se abre la válvula para dejar caer el material de arena en el hueco ya perforado.

7º Cuando el agujero y el cono estén llenos de arena, se cierra la llave y se procede a determinar el peso final del frasco y la arena contenida en él.

Nota: El peso de la arena dividida por su densidad, obtenida en el laboratorio mediante la calibración, se obtiene el volumen del agujero.

$$\gamma_h = \frac{Peso}{Volumen}$$

8º Para hallar la densidad seca de la muestra, se debe hallar el contenido de humedad tomando de la muestra perforada. Por lo tanto, se tomará la fórmula del contenido de humedad:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + W\%}$$

$$\gamma_d = Densidad\ de\ Campo$$
$$\gamma_h = Densidad\ Húmeda$$
$$W\% = Contenido\ de\ Humedad$$

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

PASO 1: Después de Calibrar los equipos, se limpia y se quita todo material suelto en la zona de ensayo.

PASO 2: A través de un cincel y martillo, se procede a perforar la zona hueca de la placa rectangular metálica, perforando un espesor de 10 a 12 cm.

PASO 3: El material obtenido de la perforación, se deberá vaciar a través de una cuchara, en un recipiente o bolsa plástica de manera tal que próximamente se tomará el peso de esta.

PASO 4: Pesaremos el equipo de Densidad de Campo, junto al peso de la arena calibrada, de tal manera que tengamos un peso inicial antes de invertir en la placa rectangular.

PASO 5: Se pesa el material o suelo obtenido de la perforación, para luego realizar el cálculo respectivo. A partir de esta muestra se obtiene aproximadamente unos 100 a 200 gr, para realizar el ensayo de Contenido de Humedad.

PASO 6: Se invierte el equipo de Densidad de Campo en el hueco de la placa rectangular, de manera tal que se abrirá la válvula y permitirá el paso de la arena calibrada.

PASO 7: Se quita el equipo de Densidad de Campo, para luego ser pesado, se obtiene el peso Final y a través de la arena calibrada se obtendrá el volumen del hueco realizado.

PASO 8: Se debe de tamizar tanto la arena próxima a guardar (#10 - #30) y se debe separar del material del suelo el contenido de piedra de ¾", evitando alteraciones en el peso de muestra.

- **PROCTOR MODIFICADO**

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m3 (56000 pie-lbf/pie3)).

Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida. Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾" pulg).

Se proporciona 3 métodos alternativos. (Según el Manual de Ensayos) El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material:

Características		Método		
		A	B	C
Molde:	- Volumen [cm³]	944	944	2124
	- Diámetro [mm]	101.6	101.6	152.4
Pisón	- Masa [kg]	4.54	4.54	4.54
	-Altura de caída [mm]	457	457	457
Número de capas de compactación		5	5	5
Número de golpes por capa		25	25	56
Energía de compactación [kN-m/m³]		2700	2700	2700
Suelo a usarse	- Pasa el tamiz	N° 4	3/8 pulg	3/4 pulg
Criterio de selección				
	- Porcentaje retenido en el tamiz N° 4	< 20 %	> 20 %	
	- Porcentaje retenido en el tamiz 3/8 pulg		< 20 %	> 20 %
	- Porcentaje retenido en el tamiz 3/4 pulg			< 30 %

Tabla 28: Métodos De Proctor Modificado
Fuente: Http://Ingcivilensayos.Blogspot.Com

Equipo.

- ***Moldes.*** Los moldes deberán ser cilíndricos de 6” de diámetro y 4.59” de altura de paredes sólidas, fabricados con metal. Deberán tener un conjunto de collar ajustable, que permita la preparación de muestras compactadas de mezclas de suelo con agua de la altura y volumen deseados. El conjunto del molde y del collar de 2” de altura deben ajustarse libremente a una base con tornillos de mariposa.
- ***Pisón***
    - Operado manualmente. Un martillo metálico que tenga una cara plana circular de 2.00" de diámetro, y que pese 10.00 lb. El martillo deberá estar provisto de una guía apropiada que controle la altura de caída del golpe desde una altura libre de 18.0" por encima de la altura del suelo.
    - Operado mecánicamente. Un martillo de metal que esté equipado con un dispositivo para controlar la altura de caída del golpe hasta una altura libre de 18.0" por encima del suelo y que distribuya uniformemente los golpes sobre la superficie de éste. El martillo deberá tener una cara plana circular de 2.0 "; un peso de fabricación de 10.0 lb.
- **Probeta** graduada de por lo menos 500cc.
- ***Balanzas,*** con precisión del 0.1% del material a trabajar. Para el contenido de húmeda se requiere que la balanza tenga una precisión de 0.1 gr
- ***Horno****, termostáticamente controlado*, capaz de mantener una temperatura de 110± 5 °C (230 ± 9 °F) para el secado de las muestras.
- ***Regla metálica*** *(escantillón)*, de acero endurecido, de borde recto y al menos de 10" de largo. Deberá tener un borde biselado y al menos una cara plana en sentido longitudinal (usada para el corte final del suelo).
- ***Mallas***, de 2"; 3/4",3/8" y No. 4.
- ***Herramientas misceláneas*** **para mezclado**, tales como cucharas, espátulas, tazones, o un dispositivo mecánico adecuado para mezclar las muestras de suelo con diversas cantidades de agua.

- ***Recipientes*****,** para determinar la humedad de las muestras, elaborados en metal u otro material adecuado, con cierres que ajusten herméticamente para evitar la pérdida de humedad durante el pesaje.

MOLDE 4”	**HORNO**	**MALLA Nº 4**	**PISÓN**

PROCEDIMIENTO

1° Pasar el suelo por el tamiz Nº4, para obtener las muestras (usualmente unas 3 muestras de aproximadamente 6 a 8 Kg para así obtener unos 3 puntos para la curva.)

2° Se pesa el molde (limpiado previamente).

3° El molde se lo coloca en su base, en la cual previamente se coloca un papel para así evitar que la muestra se adhiera a la base y de ese modo facilitar el desarrollo del ensayo; y a su vez se coloca la extensión del molde (collarín) y ambos se aseguran con los tornillos de tal manera que queden fijos.

4° Se coloca una de las muestras en una bandeja metálica, a la cual se la añade un cierto porcentaje de agua (el cual va variar de muestra en muestra generalmente en 2% más); y luego se procede a mezclar con ayuda de un badilejo, de tal manera que se tenga una mezcla homogeneizada, para después dividirla en 5 porciones iguales.

5° Se distribuye uniformemente de una por una las 5 porciones de la muestra dentro del molde (previamente ya armado), y a cada capa o porción de muestra se le aplica el proceso de compactación con ayuda del martillo (56 golpes por capa).

6° Una vez acabada la compactación, se procede a retirar el collarín y se enrasa cuidadosamente el suelo compactado del molde, rellenando cualquier concavidad formada eventualmente con suelo que pase por la malla N° 4.

7° Con ayuda de una brocha se limpia el molde de posible suelo suelto que se pudiese adherir en el exterior, para después pesar el molde con la muestra compactada.

8° Se extrae una fracción de muestra del suelo compactado y se lo coloca en un recipiente para luego pesarlo, secarlo y volverlo a pesar para de ese modo determinar su contenido de humedad.

OBSERVACIÓN: Se realiza el mismo procedimiento por cada muestra de suelo, teniendo en cuenta siempre que la cantidad de agua que se añada a cada una debe ir variando generalmente en un 2%.

PASO 1: *De acuerdo a las características del suelo (granulometría ya desarrollada), se usó el Método A – Próctor Modificado, debido a que su uso se da cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4) se debe llegar a una cantidad de 12 a 16 kg.*

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

PASO 2: Obtenido la cantidad necesaria, se da inicio al ensayo, procediendo a sacar 4 muestras de 3 kg.

PASO 3: Se pesó aproximadamente 3 a 4 kg, para cada molde, de tal manera que tengamos 4 puntos del ensayo Próctor.

PASO 4: Se coloca el material de 3 a 4 kg pesado, en el recipiente donde debemos esparcir por toda el área.

PASO 5: Se pesará el agua de acuerdo al porcentaje que se desea variar, en este caso se varió desde 6% hasta 15% variando en 3% su contenido de humedad.

PASO 6: Se realizará la mezcla con el porcentaje de agua pesada sobre la bandeja.

PASO 7: Se separarán 5 mezclas, que representan las 5 capas del molde, se distribuye bien las capas de tal manera que posea casi la misma cantidad.

PASO 8: Con la ayuda de la espátula o la pala, se empieza a echar el material en el molde de 4", asegurándonos que los tornillos de este se encuentren fijos.

PASO 9: Se realiza el trabajo de compactación con la ayuda del pisón o compactador eléctrico realizando un total de 25 golpes en forma espiral en el molde, por cada capa compactada. Este paso se repite 5 veces hasta colmatar el molde

PASO 10: Al completarse la etapa de compactación, se quita el collarín se procede a limpiar la parte excedente por encima del molde a través de una varilla plana.

PASO 11: Una vez limpio el molde, se procede a sacar los tornillos de ajuste para ser llevados a la balanza, y obtener su peso. Se pesa el material + molde en la balanza.

PASO 13: Una vez pasado se lleva el molde al recipiente, en donde sacaremos el material compactado, es aquí donde se procede a realizar el ensayo de Contenido de Humedad.

PASO 14: Una vez limpio el molde, se procede a sacar los tornillos de ajuste para ser llevados a la balanza, y obtener su peso. Se pesa el material + molde en la balanza.

PASO 15: Se lleva al horno o estufa de temperatura 110ºC +- 5, en el cuál se dejará por 24 horas para obtener el Peso seco del material compactado.

Este proceso corresponde a 1 punto de la curva del Ensayo Proctor Modificado, de acuerdo a lo realizado se obtuvieron 4 puntos, de tal manera que podamos encontrar la Densidad Seca Máxima. Se puede apreciar observaciones de la muestra de Suelo cómo:

- El suelo se caracteriza por ser una Arena Limosa (SM), correspondiente a la Calicata Nº 2.
- Se realizaron variaciones de contenido de humedad desde 6% hasta 15%.

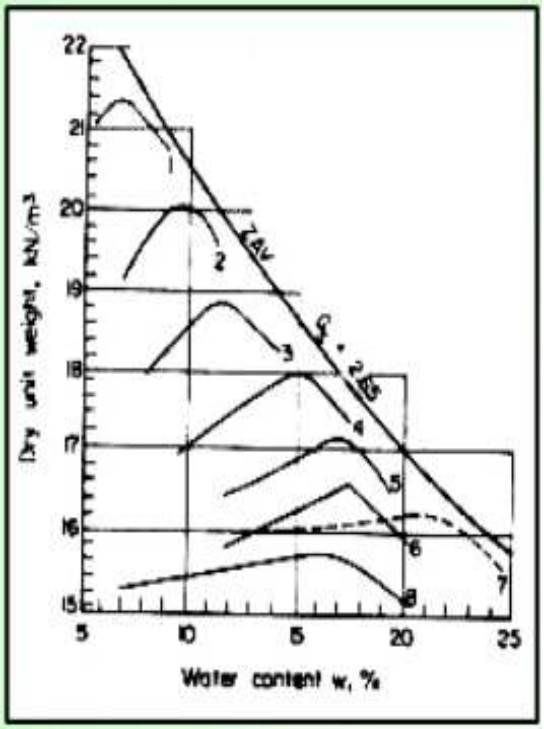
INTERPRETACIÓN DE CURVA:

Del ensayo Proctor Modificado, se puede interpretar teóricamente, que; al agregarse una cantidad de agua permite juntar los granos más fácilmente, el aire desplazado por el proceso de compactación y la densidad seca se incrementa. (Puntos iniciales) Al darse la situación que la cantidad de agua excede lo requerido, ésta empuja los granos del suelo y la densidad disminuye (punto de bajada).

Existen tipos de curva de Compactación, de acuerdo a los ensayos realizados tendrán relación con los que se mostrará a continuación, En general, los suelos

arcillosos, las arenas bien gradadas y los suelos limosos tienen un pico definido en la curva de compactación.

- Los suelos uniformemente gradados, consistente de un rango limitado de tamaños de partículas, la curva es más aplanada y la condición óptima no es fácil de definir.
- El “doble pico” es frecuentemente obtenido de arenas finas uniformemente gradadas. Para estos materiales el contenido de humedad para una óptima compactación es menos crítica que para aquellos suelos que poseen una curva de compactación más empinada.



Suelo No.	Descripción	W_l (%)	I_p (%)
1	Arena margosa bien gradada	16	NP
2	Greda arenosa bien gradada	16	NP
3	Greda arenosa medio gradada	22	4
4	Arcilla limosa arenosa pobre	28	9
5	Arcilla limosa pobre	36	15
6	Loess limoso	26	2
7	Arcilla dura	67	40
8	Arena pobremente gradada	-	NP

Figura 36: Curvas De Compactación Para Varios Tipos De Suelos
Fuente: Compactación de Suelos – Walter Barboza

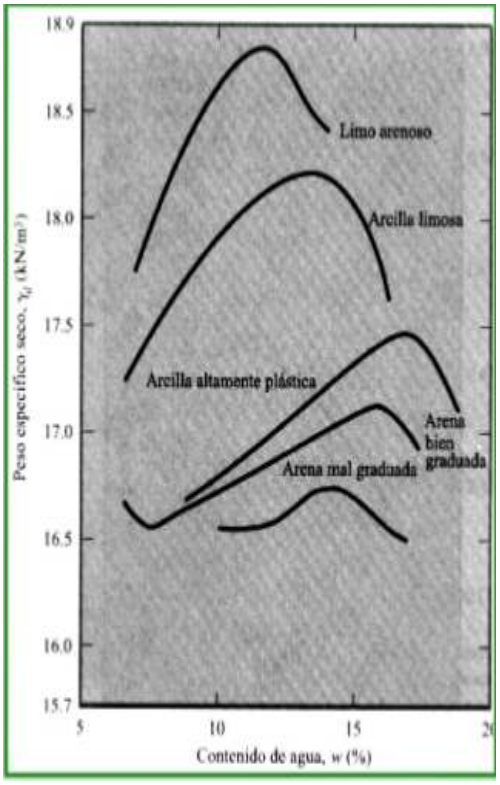


Figura 37: Tipo De Curvas En Suelos Finos
Fuente: Compactación De Suelos – Walter Barboza

De acuerdo al Ensayo Próctor Modificado realizado en los tipos de suelos del C.P "san José de Pinilla", resulta idéntica a la figura 37 como ARENA LIMOSA.

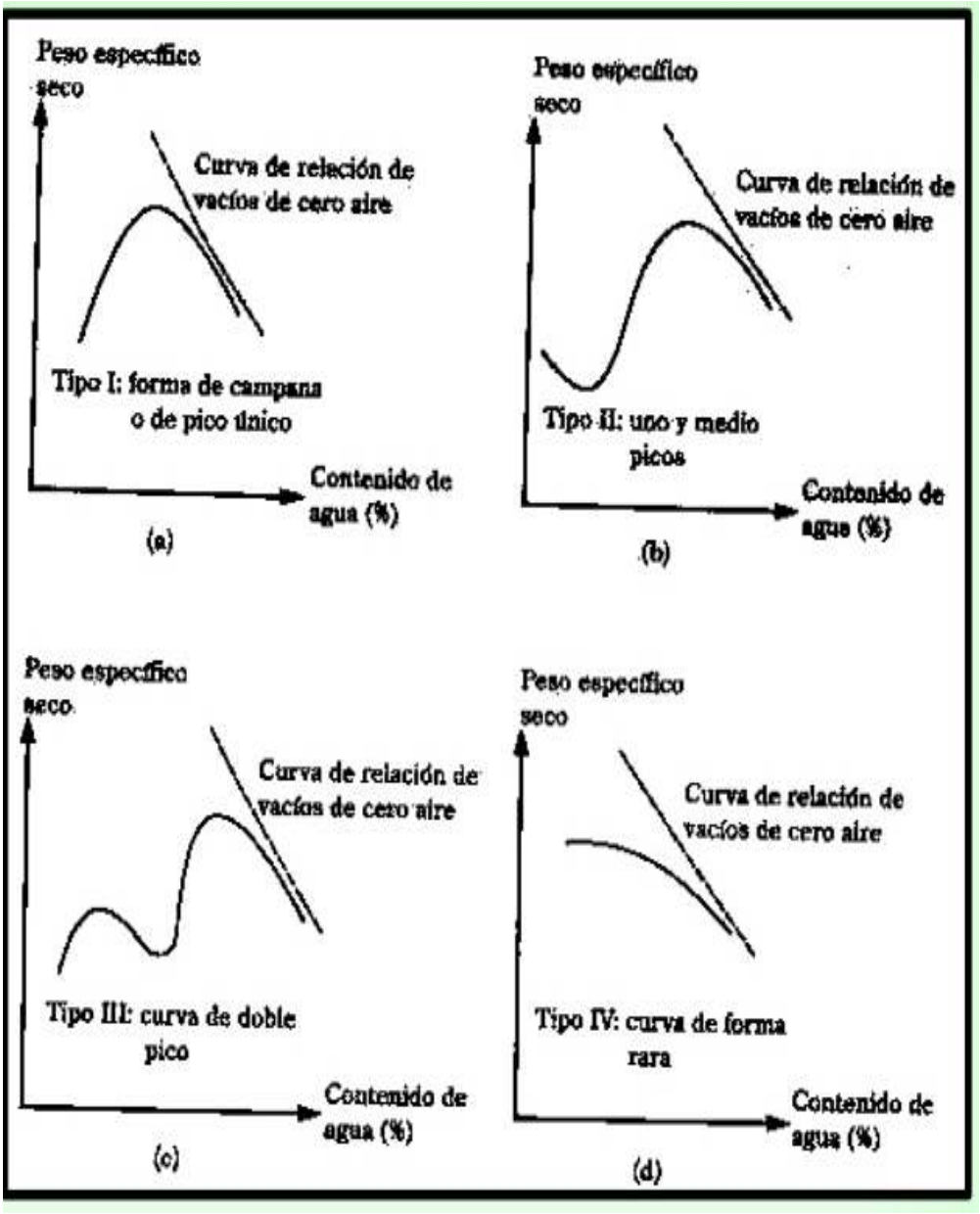


Figura 37.1: Tipo De Curvas En Suelos
Fuente: Compactación de Suelos – Walter Barboza

De acuerdo al Ensayo Próctor Modificado realizado en la Ecogravilla de Aceros Arequipa S.A, resulta idéntica a la figura 37.1 inciso (c). Se indicará en las próximas páginas.

- **VALOR DE SOPORTE DEL SUELO (ENSAYO CBR)**

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

EQUIPOS:

- **Prensa** similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen.
- **Molde**, de metal, cilíndrico, de 152,4mm ± 0,66 mm (6 ± 0,026") de diámetro interior y de 177,8 ± 0,46 mm (7 ± 0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0") de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16”) las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro. La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.
- **Disco espaciador**, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16”) de diámetro exterior y de 61,37 ± 0,127 mm (2,416 ± 0,005”) de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación

- **Pisón de compactación** como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).
- **Aparato medidor de expansión compuesto por**: · Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura.
- **Pesas**. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de 4,54 ± 0,02kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de 2,27 ± 0,02 kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.
- **Pistón de penetración**, metálico de sección transversal circular, de 49,63 ± 0,13 mm (1,954 ± 0,005") de diámetro, área de 19,35 cm2 (3 pulg2) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").
- **Dos diales** con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- **Tanque**, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- **Estufa**, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 ºC.
- **Balanzas**, una de 12 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.
- **Tamices**, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").
- **Misceláneos**, cómo cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

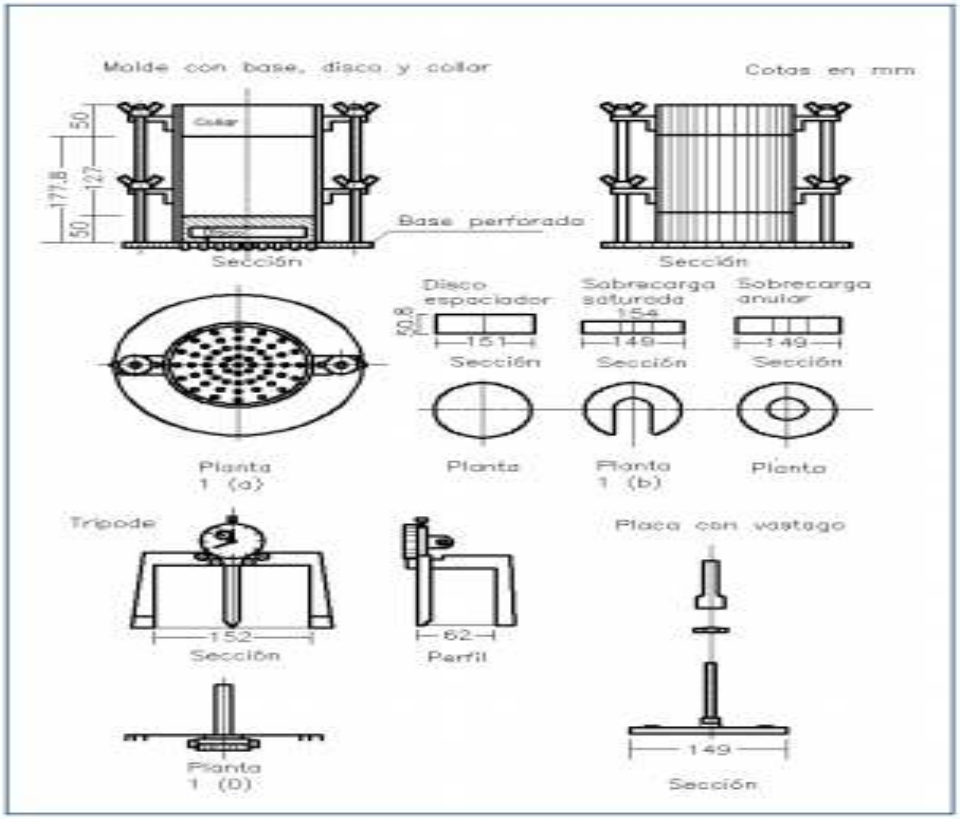


Figura 38: Medidas de Molde para Ensayo de Cbr
Fuente: Manual de Ensayos del Ministerio Transporte y Comunicaciones

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

MOLDES	**SOBRECARGAS Y VÁSTAGOS**	**DISCO ESPACIADOR**

PROCEDIMIENTO:

El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material. (Información de la Universidad Nacional de Ingeniería 2006)

Preparación de la Muestra:

- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19.1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19.1 mm (3/4") sea superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19.1 mm (3/4") y de 4.75 mm (No. 4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.
- De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

- Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.
- Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.
- Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra. Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.
- Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a).

NOTA: Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con ± 2.27 kg de aproximación) pero no menor de 4.54 kg (10 lb). Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, Llévese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añade el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde**.**

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro.

Milimetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

PASO 1: Se pesará una cantidad de 6 kg (18 kilos), para cada molde de ensayo de CBR. (Material corresponde a la Calicata 2) Previo tamizado por el Tamiz Nº 4, de acuerdo al método de gradación del Proctor (Método A)

PASO 2: Se pesa la cantidad de agua o contenido de Humedad óptima de acuerdo al Ensayo Próctor anterior realizado. Aproximadamente 18% del peso del material. (1080 gr)

PASO 3: Se echa el agua pesada en los 6 kg de muestra de la calicata en el recipiente. Y a través de la espátula se dispersará el agua en todo el material.

PASO 4: Dividiremos en 5 muestras los 6 kg, de tal manera que cada parte representa 1 capa de las que se compactará de acuerdo al ensayo.

PASO 5: Se colocará el Disco compactador y el papel filtro dentro del molde de ensayo de CBR (6”), en el cuál debemos fijar los tornillos a estos, evitando pérdida de material.

PASO 6: Antes de realizar la compactación, debemos pesar una tara para luego colocar una muestra del recipiente (P. Tara + M. Húmeda) – Procedimiento de Contenido de Humedad

PASO 7: La tara pesada y con la muestra húmeda, es llevada al horno, en el cuál pasando las 24 horas, obtenemos las muestras secas y se halla el Contenido de Humedad.

PASO 8: Se procede en colocar el material dividido de la muestra, en total se tendrá 5 capas, en el cuál se compactará por molde, de 10, 25 y 56 golpes con el pisón (Método AASHTO).

PASO 9: Se enrasará a través de la varilla plana, evitando que existan vacíos o espacios que podría afectar la penetración, colocando material en caso se necesita rellenar y alisar el molde. Se procede a limpiar el alrededor.

PASO 10: Se voltea el molde, de tal manera que se quita el disco espaciador, y con mucho cuidado se quita el papel filtro, tratando de evitar que la parte base anterior no se maltrate y tenga área de contacto lisa al darse la penetración.

PASO 11: Se pesa el Molde + M. Compactada Húmeda. Se tiene como dato el peso y volumen del molde, de tal manera que hallemos la densidad del suelo compactado

PASO 12: Se colocará el vástago con las sobrecargas (anular y saturada) de tal manera que produzca una presión de 10 lb (pounds), en el molde + suelo compactado.

PASO 13: Se colocará y marcará los puntos de contacto por parte del trípode de medición de expansión. Nota: Los moldes se colocarán sumergidos para tener una exposición en el peor de los casos del suelo frente al agua. (Criterio)

PASO 14: Se sumerge el molde + Muestra de suelo compactado + Discos de 5 lb. Se dará por 3 días, neutralizando un dial de 0 mm.

PASO 15: Una vez expuesta 3 días de sumersión, se coloca la el disco de sobrecarga para el ensayo de Penetración en el Equipo de CBR. Tomando el orden de los Moldes (10, 25, y 56 golpes)

PASO 16: Se realiza las gráficas y cálculos correspondientes al ensayo de CBR, obteniéndose en sí, las gráficas que próximamente se mostrarán del ensayo.

INTERPRETACIÓN DE CURVAS:

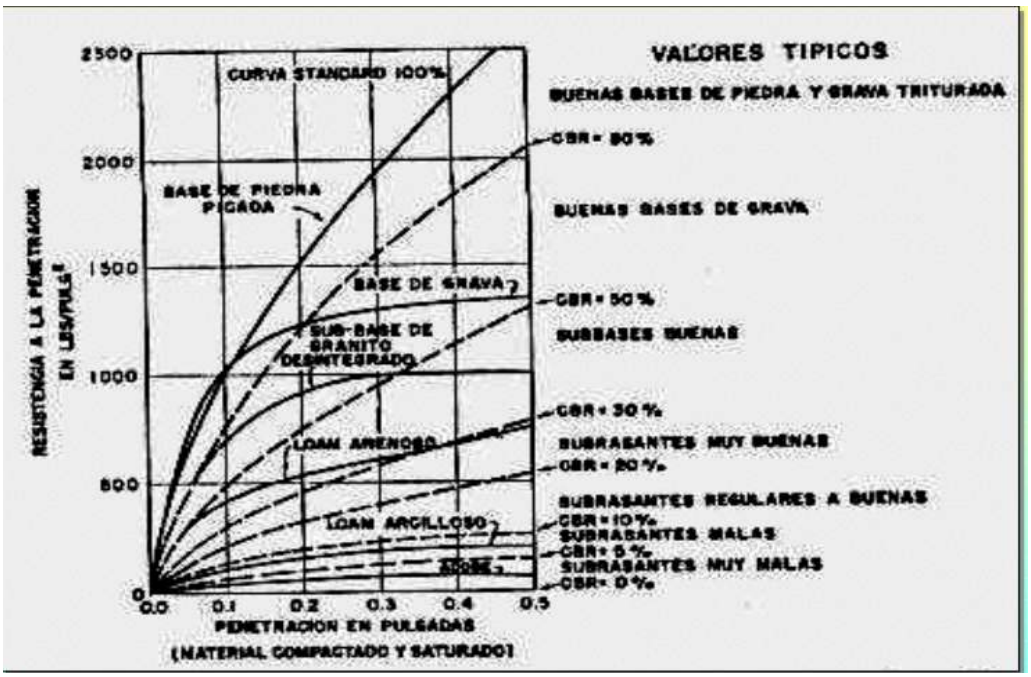


Figura 39: Curvas De Cbr De Acuerdo Al Suelo
Fuente: GUÍA AASHTO

- **PARA SUELOS GRAVOSOS Y ARENOSOS:**
  - Son suelos generalmente de Ip < 2 y de compactación rápida en el campo. En general el CBR casi no vería apreciablemente con los cambios de humedad. El CBR se puede determinar sin saturar la muestra.
  - El CBR que se adopte podrá ser el que corresponde a su máxima densidad o si se sigue un criterio más conservador, el menor de los CBR obtenidos.
  - El CBR de estos suelos granulares es generalmente mayor de 20%.
- **Suelos cohesivos, plásticos, poco o nada expansivos**
  - Se aplica a condiciones climatéricas normales y a aquellos suelos cuyo CBR no varíe apreciablemente con el contenido de humedad.
  - No requiere estricto control de la humedad cuando se compacta en el campo. Se requiere un mayor control de la humedad en el campo.
  - Se aplica a condiciones climatéricas desfavorable y a aquellos suelos que son muy sensibles a cambios de humedad.

ANTECEDENTES DE ESTUDIOS QUÍMICOS:

De acuerdo con la Municipalidad Distrital de Ocucaje, se investigó por parte de consultorías, estudios químicos anteriores por la zona de Estudio (San José de Pinilla), Según el Laboratorio de Suelos **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNICO DE SUELOS S.A.C. (EMSGEO SAC),** quienes realizaron ensayos por sectores colindantes cómo la Localidad de Virgen de Chapi, Localidad de Paraya, y otra localidad como San Felipe, en el cuál obtuvieron variaciones en rangos:[35]

DATOS/LOCALIDAD	PARAYA	VIRGEN DE CHAPI	SAN FELIPE
PH	7.2	7.3	7.1
CLORUROS (CL^{NA})	58.00 ppm	35.00 ppm	83.00 ppm
SULFATOS (SO_4^{-2})	48.00 ppm	43.00 ppm	71.00 ppm
SALES SOLUBLES TOTALES	64.00 ppm	84.00 ppm	103.00 ppm

Tabla 29: Antecedentes De Estudios Químicos Colindantes
Fuente: Elaboración Propia

Por lo que consideró en su conclusión como una zona de exposición insignificante.

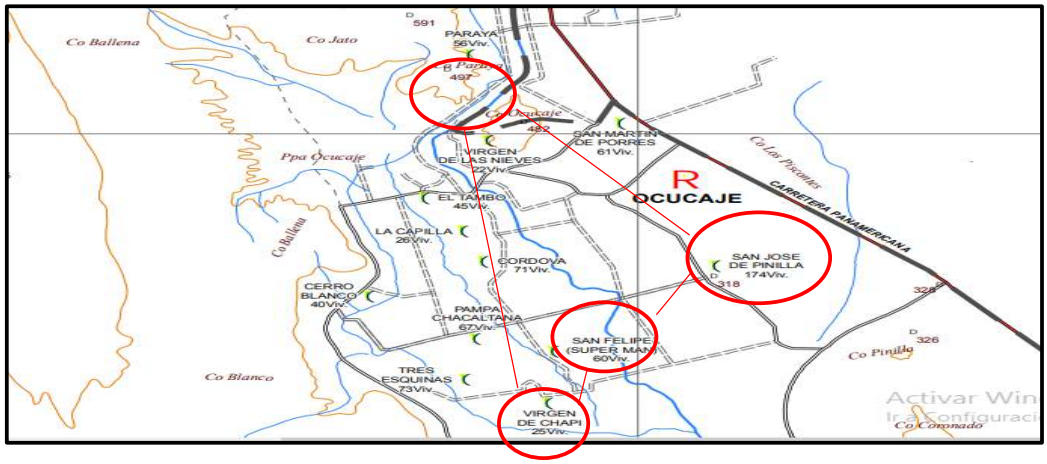


Figura 40: Mapa De Ocucaje
Fuente: Instituto Nacional De Estadística E Informática - INEI 2006

[35] *Información otorgada por el Laboratorio EMSGEO.SAC – Municipalidad Distrital de Ocucaje ABRIL - 2018*

LA ECOGRAVILLA

El siguiente subcapítulo pertenece al estudio de Cantera de la Ecogravilla, obtenida desde la Planta de Pisco de la Corporación Aceros Arequipa S.A, su explotación está dada a través de maquinarias, el uso de tamizados y chancadoras para clasificar la Ecogravilla en diferentes tamaños, desde granos finos a tamaños mayores a 3" (También llamado Over).

Las canteras tradicionales suelen tener una vida útil, qué, una vez agotada, el abandono de la actividad suele originar serios problemas de carácter ambiental, con la destrucción del paisaje natural, cambios en el hábitat de seres vivos, etc. La exploración de estas está orientada a indicar y evaluar el estudio de calidad, distancia (flete) y volumen de materiales que se usarán. Es por ello que en el estudio de cantera tradicional es importante definir qué cantera evaluarse para un proyecto.

A diferencia de lo mencionado, la Ecogravilla sería el reemplazo de la piedra o material tradicional de la explotación de las canteras, lo cual promueve en gran porcentaje la protección ambiental de montañas, además dando la iniciativa de reciclaje a este desecho siderúrgico; de acuerdo a los tipos de Cantera:

- **Canteras Aluviales**: Formadas por los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas. Estas canteras son muy competentes en obras civiles, debido a que el continuo paso y transporte del agua desgasta los materiales, por lo que tienen mayor dureza y además con características geométricas típicas como sus aristas redondeadas. Estos materiales son extraídos con palas mecánicas y cargadores de las riberas y cauces de los ríos.[36]

[36] *INFORME TÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS*
Visita a Cantera Palomino

Figura 41: Cantera Aluvial
Fuente: Granmineria.blogspot.com

- **Canteras de Roca**, más conocidas como canteras de peña, las cuales tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas; estas canteras por su condición estática, no presentan esa característica de autoabastecimiento lo cual las hace fuentes limitadas de materiales.

La característica del material de esta cantera depende de la historia geológica de la región, permitiendo producir agregados susceptibles para su utilización industrial; estas canteras se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos.

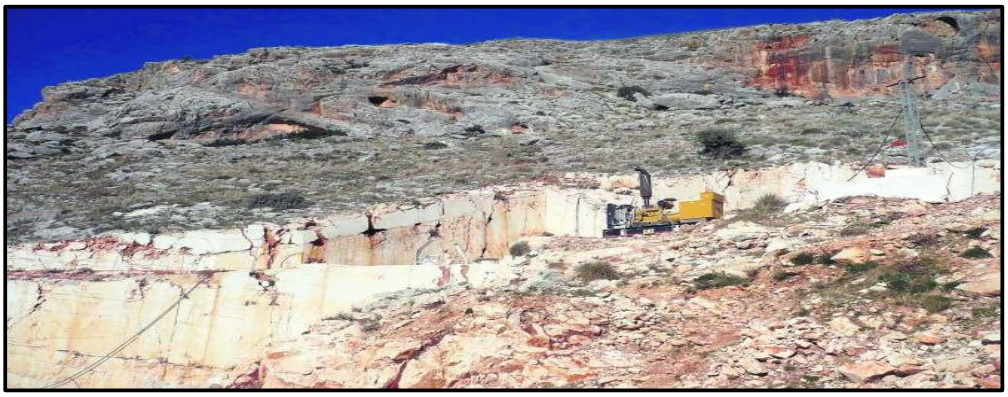


Figura 42: Cantera de Peña
Fuente: ecologistasenaccion.org

En conclusión, el uso de la Ecogravilla, causaría un desarrollo sostenible en proyectos, esos dos tipos de canteras se diferencian básicamente en dos factores, los tipos de materiales que se explotan y los métodos de extracción empleados para obtenerlos, entonces su uso evita la contaminación y la destrucción de nichos ecológicos, evitando también la contaminación acústica por maquinaria, acuática y atmosférica.

Por lo tanto, para la presente Tesis, el estudio de cantera está dada a la Ecogravilla, por lo cual evaluaremos en el laboratorio sus características, cómo su clasificación de Suelo, Próctor y CBR correspondiente. Las muestras se deben de obtener como lo dicen las normas ASTM, y de igual manera realizar las pruebas requeridas, según la Norma Técnica Peruana 2011 NTP 400.010 AGREGADOS extracción y preparación de muestras. Gracias a la Atención de los Ingenieros de la CAASA, se han extraído muestras representativas para realizar los ensayos respectivos y verificar la calidad de esta. Además de la Ecogravilla, se necesitó un material de liga, lo cual permita la Ecogravilla cumplir con los requisitos de finos según el Manual MTC (Se especifica en el Capítulo 2.5 - Acápite 2.5.2).

De acuerdo al material en stock que posee Aceros Arequipa S.A en su planta, se encuentra en estado donativo para proyectos viales, proyectos de edificaciones, cómo también estudio de investigación piloto para barreras de concreto, losas de concreto, cómo también proyectos de investigación, etc. Por lo tanto, se calculará el Flete desde la Planta de Pisco hasta la Ciudad de Ocucaje – Centro Poblado San José de Pinilla.

DISTANCIA VIRTUAL:

Para este cálculo se solicitó una cotización hacia la empresa CANTERAS ICA S.C.R.L, el cual dio facilidad de la maquinaria apta junto al precio para la ejecución del Flete Terrestre, desde la Planta N°2 de Aceros Arequipa S.A, hasta el Centro Poblado 'San José de Pinilla' del Distrito de Ocucaje, el cual posee una distancia equivalente (Según MTC), de 68 km aproximadamente, como se muestra el siguiente cálculo de distancia virtual:

REGION	TIPO DE CARRETERA (T.S.R)		
	ASFÁLTICA	AFIRMADA	TROCHA
Costa: 0 a 1000 msnm gradiente 0 – 30%	1.00	1.58	2.15
Intermedia y Selva: 1000 a 500 msnm gradientes 3 – 5 %	1.20	2.10	2.90
Sierra: 2500 a más msnm gradientes: 5-7%	1.40	2.80	3.90

Tabla 30: Factor De Corrección
Fuente: Cámara Peruana De La Construcción

TRAMO	T.S.R	F.C	D. VIRTUAL
Pisco – Ica	ASFÁLTICA	1.00	32.26 Km
Ica – Pinilla	ASFÁLTICA	1.00	35.60 km
TOTAL			**67.86 km**

Tabla 31: Factor De Corrección
Fuente: Propia

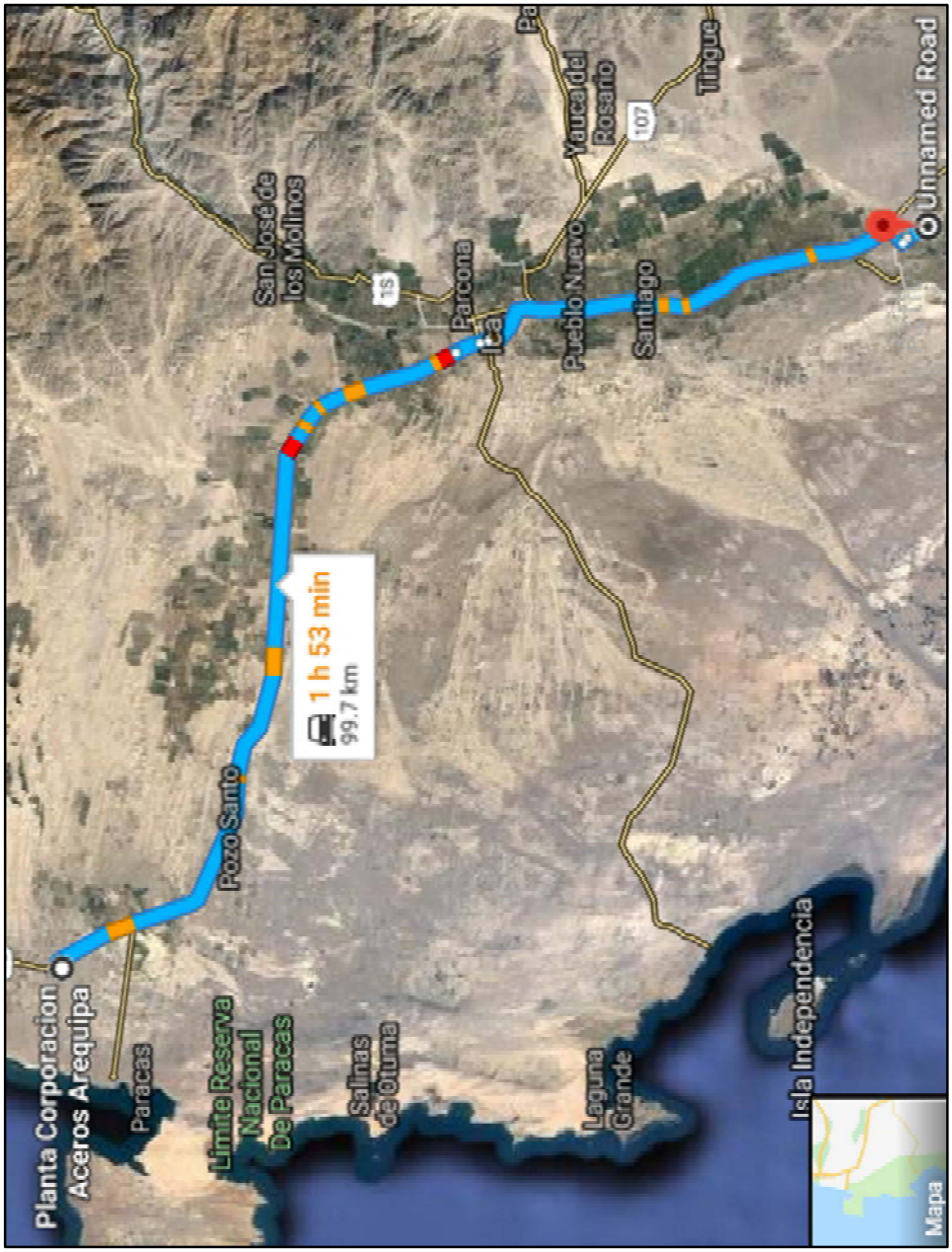


Figura 43: Recorrido De Flete
Fuente: Google Maps

- **CARACTERÍSTICAS DE LA ECOGRAVILLA**

Para caracterizar a la Ecogravilla, debemos realizar ensayos de tal manera de acuerdo con los reglamentos ya indicados cumpla con las especificaciones de calidad para obras de pavimentación. Gracias a la donación de muestras de CAASA se dio a cabo los ensayos de laboratorio correspondientes cómo:

- Contenido de Humedad (W%)
- Análisis Granulométrico
- Límites de Consistencia
- Proctor Modificado
- Valor de Soporte de Suelo - CBR
- Cantidad de Ph

Muestreo:

Al realizarse la visita en planta Nº 2 Pisco de la Corporación Aceros Arequipa S.A, se obtuvieron muestras a cielo abierto de Ecogravilla, estas se encuentran despojadas en zona de chancado y tamizado, desde tamaños que llevan Over (>3”), escorias de 3” hasta 3/8” y escorias finas, lo cual se obtuvieron muestras de cada una para poder crear de acuerdo a los estándares de calidad un afirmado óptimo. Es por ello que, para el comienzo de la caracterización de la Ecogravilla, se realizaron análisis granulométricos de las muestras y realizar un diseño de combinación de agregados. Al final de este capítulo se hará una comparación de los agregados de diferentes canteras del sector de Ica.

Las características de esta cantera de Ecogravilla son las siguientes:

Área	: aproximadamente 10,000 m2
Método de explotación	: A tajo abierto
Explotación	: Cargador frontal, excavador de pluma, volquetes.
Usos del material	: Rellenos, Afirmados, Concreto.
Profundidad aprovechable	: No Específica.
Suelo	: Suelo Natural
Over > 3”	: 20%

De las muestras extraídas y ensayadas en laboratorio se obtuvo los siguientes valores:

Humedad natural	=	1.10%
Límite Líquido	=	18.59%
Límite plástico (Escoria Fina)	=	16.96%
Índice de Plasticidad	=	1.63%
C.B.R. al 95% de M.D.S.	=	87.07%
C.B.R. al 100% de M.D.S.	=	369.40%
Clasificación SUCS	=	GW-GM
Clasificación AASHTO	=	A-1-a(0)

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

En este ensayo se recurrió a realizar un análisis granulométrico global, debido a que existen proporciones de agregado grueso y agregado fino de escoria por separado, de tal manera que podamos observar con qué tipo de afirmado se está trabajando. Es decir, se trabajó un tamizado con el total de la muestra para agregado grueso, y se realizó una fracción fina de 500 gr (previo a lavado por tamiz Nº 200), luego se dará el trabajo en gabinete para clasificar nuestro futuro afirmado. A su vez, observar si dicho afirmado se encuentra en el rango de las gradaciones para realizar los ensayos de Proctor Modificado.

PROCEDIMIENTO:

PASO 1:

- *Para el agregado fino de escoria, se realizó el proceso de tamizado por lavado a través del tamiz Nº 200, se cogió una muestra de 1 Kg, para luego ser lavado y llevado al Horno o Estufa de 110 +- 5ºC*

- Para el agregado grueso de escoria, se realizó su tamizado en toda su totalidad. De manera tal que, al caracterizar la escoria obtengamos fracción de material grueso y fino.

Entonces para crear nuestro afirmado, se realizó el análisis granulométrico de manera tal que sus %quepasa, cumplan con las especificaciones técnicas de gradación B. Se consideró un peso de 18 kg, suponiendo un 45% fino y 55% grueso.

PASO 2: *Se coloca la muestra de Escoria fina en los tamices, para poder realizar movimientos rotatorios y agitando levemente (sin que se pierda la muestra).*

PASO 3: *Se realiza el pesado del material retenido en las mallas, debemos asegurarnos que pase el material total.*

ESCORIA FINA

PASO 4: *Se coloca la muestra de Escoria gruesa en los tamices, realizando movimientos giratorios, lo cual se tomará desde la malla de 2".*

PASO 5: *Se realiza el pesado del material retenido en las mallas, debemos asegurarnos que pase el material total.*

ESCORIA GRUESA

Para crear nuestro afirmado, se realizó un tamizado global, en el que tomándose el análisis de una fracción de 1000 gr de agregado fino y tomando una totalidad de muestra de agregado grueso, se obtuvieron los siguientes resultados en % que Pasa, se anexará en el final de capítulo el ensayo granulométrico total de la Ecogravilla.

DISEÑO DE PROPORCIONES FINALES:

De acuerdo con las Especificaciones Técnicas o requisitos de calidad para Sub-base y Base, mencionado en las GRADACIONES (Tabla 15 y 17), se tuvo lo siguiente:

NOTA: Se analizaron el Agregado Fino de Escoria (B) y Agregado Grueso de Escoria (A). (% QUE PASA)

TAMIZ	2"	1"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200
GRAN. A	100	73.17	36.785	0.415	0.085	0.06	0.01
GRAN. B	100	100	100	94.52	72.3	44.57	22.8

Por lo tanto, al realizar el diseño de Combinación se obtuvo lo siguiente:

Se multiplicará por 0.55 y 0.45 a las Granulometrías A y B respectivamente.

0.55	GRAN. A	55	40.2435	20.23175	0.22825	0.04675	0.033	0.0055
0.45	GRAN. B	45	45	45	42.534	32.535	20.0565	10.26
1	SUMA	**100**	**85.2435**	**65.23175**	**42.76225**	**32.58175**	**20.0895**	**10.2655**

Analizando la suma de la combinación y proporción de agregados, cumple con la Gradación B de la Tabla 15 y 17 para Bases y Sub-bases, esto se comprobará a través del tamizado global que se mostrará finalizando el acápite 3.2. Entonces, para realizar los ensayos de Proctor y CBR se seguirá el porcentaje de 55% de Agregado Grueso de Escoria y 45% de Agregado Fino, aproximadamente.

DISEÑO DE COMBINACIÓN DE ESCORIAS FINAS Y GRUESAS:

TAMICES ASTM	ESCORIA GRUESA	ESCORIA FINA	GRANULOMETRÍA FINAL (55% Y 45%) – (*)	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
	%QUEPASA	%QUEPASA		GRAD. B	OBS.
4"	-	-	-		
3"	-	-	-		
2"	100%	-	100%	100	**OK**
1 1/2"	83.50%	-	92.70%		
1"	73.17%	-	86.75%	75 - 95	**OK**
3/4"	54.20%	-	80.24%		
1/2"	40.94%	-	67.11%		
3/8"	36.79%	100%	61.19%	40 - 75	**OK**
# 4	0.42%	94.52%	46.53%	30 - 60	**OK**
# 10	0.09%	72.30%	28.72%	20 - 45	**OK**
# 20	0.07%	65.40%	20.64%		
# 40	0.06%	44.57%	15.87%	15 - 30	**OK**
# 60	0.03%	35.75%	11.89%		
# 100	0.01%	28.45%	8.83%		
# 200	0.01%	22.80%	5.02%	5 - 15	**OK**

(*) Pertenece al Ensayo de Laboratorio de Mecánica de Suelos y de Asfalto de la Facultad de Ingeniería Civil - UNICA

- **CONTENIDO DE HUMEDAD**

El ensayo de Contenido de Humedad de las Escorias se realizó de la misma manera que las muestras anteriores, cabe indicar que los porcentajes de humedad de las escorias equivalen a ser muy pequeñas, debido a que su exposición en planta es seca y previa salida de los hornos de fundición, absorben humedad higroscópica.

PROCEDIMIENTO:

PASO 1: Antes que nada, se debe pesar las Taras, y es aquí donde se agregará una muestra obtenida, en 1 colocamos de agregado grueso y en otra de agregado fino.

PASO 2: Las taras + Muestra húmeda es llevada al horno, y por 24 horas se realizará el secado, considerando una temperatura de 110 +- 5ºC

PASO 3: Una vez teniendo la muestra seca, se procede a pesar el material con las taras. Y se procede al cálculo del Contenido de Humedad:

$$W\% = \frac{Peso\ de\ Agua}{Peso\ suelo\ seco} x100$$

TARAS	PESO TARA (P.T)	P. T + M. HÚMEDO	P.T + MUESTRA SECA
P1	91.60 gr	528.00 gr	521.00 gr
P-03	89.00 gr	419.50 r	417.60 r

LÍMITES DE CONSISTENCIA

- **LÍMITE LÍQUIDO**

Se realizó los ensayos de Límites de Atterberg, a través de la Ecogravilla fina, se utilizaron los mismos equipos ya mencionados en acápite LIMITE LIQUIDO

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

PASO 1: Pesamos una muestra de 150 a 200 gr, de la Ecogravilla fina, según la norma.

PASO 2: Vaciamos la muestra de ecogravilla fina ya pesada, y es pasada por el Tamiz Nº 40, para obtener la cantidad necesaria de finos. Debemos sacudir el tamiz.

PASO 3: A través de la espátula se agregará al mortero en el cual le colocaremos agua a través de la piseta, de manera que tengamos muestra seca y húmeda (Para mayor y menor número de golpes respectivamente).

Paso 4: A través de la espátula colocaremos una muestra al Aparato de Casagrande, es ahí que de forma recta formamos la pasta, y a través del acanalador, le daremos la hendidura 1.27cm.

Paso 5: Se dará a través de la manija del aparato 2 rev/seg, de tal manera que el ensayo acaba cuando las dos partes de la mezcla se unen. Se anota el número de golpes y se realiza el corte en la zona de unión.

PASO 6: Se quita el material cortado, y se colocará en taras, para luego ser llevado al horno para ser pesado nuevamente y obtenemos la gráfica de Nº de golpes vs Humedad
Se calcula el contenido de humedad y se procede al diagrama de fluidez y determinar para N=25 golpes

MUESTRA 1

MUESTRA 2

- **LÍMITE PLÁSTICO**

Luego de realizar el ensayo de Límite Líquido, se procedió a realizar el ensayo de Límite Plástico de la Ecogravilla, cabe indicar que existe material de Liga de acuerdo a la manipulación de la escoria durante el ensayo, en el que se ensayaron 2 taras. Los equipos y herramientas utilizadas son idénticas a las ya mencionadas en el acápite LIMITE PLÁSTICO.

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

PASO 1, 2, 3,4 Pesamos la muestra una cantidad de 20 gr, que luego debe ser sacudido en el tamiz #40 propio del ensayo de Límite Líquido.

PASO 5: Se coge una parte de la muestra (aprox. 15 gr), y se intentará dar una forma de esfera, de manera que quede pegada a los dedos de la mano.

PASO 6: Con la yema de los dedos sobre el vidrio grueso o una superficie plana se debe generar cilindros hasta 3.2 mm de diámetro, y un tamaño mínimo entre 3 a 6 mm.

PASO 7: El material desmoronado, se colocará en tara y pesado (P.T+M.Húmeda) El cuál será llevado para calcular su contenido de humedad al horno.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ESCORIA GRUESA

La definición básica de peso específico se podría decir, aquella relación que existe entre el peso de un material, en este caso el agregado, y su volumen.

Materiales:

- Horno con temperatura normada de 110°C+-5°C
- Dispositivo de pesaje apropiado según el tamaño de la muestra, y fácil de leer, con una precisión de 0.05% del peso de la muestra.
- Canasta de alambre, de malla de alambre de un diámetro aproximado de 3.35mm (nº6).
- Depósito de agua, en el cual se suspende la muestra en la canasta, y que pueda ser colocado debajo de la balanza.

Procedimiento:

- Tomamos una cantidad de agregado grueso mediante un balde y realizamos un lavado, eliminando el polvo que existe en su superficie, dejamos la cantidad de agregado grueso en el balde tapándolo con agua, por 24 horas.

- Después del período de inmersión, se saca las partículas (expulsando el agua), dejando secar la superficie del agregado, inmediatamente la cantidad será pesada en la balanza eléctrica, lo cual llamaremos “PESO AL AIRE” que equivale al peso Saturado Superficialmente Seco (SSS).
- A continuación, se realiza el peso sobre la canastilla metálica, (sumergido a agua) a temperatura ambiente, evitando la inserción de aire sobre la canasta.
- Por último, la muestra se seca y es llevada a través de sus taras, al horno por 24 para determinar así su peso Seco.

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

1º REMOJADO – SECADO
(Se deja remojar el agregado por 24hr, luego se procede a secar por unos minutos superficialmente el agregado)

PESO DE LA TARA 1	PESO DE LA TARA 2

3º PESO – SUMERGIDO A AGUA
(Se coloca la cantidad de agregado de cada Tara en la Canasta Metálica, y así determinar el Peso Sumergido al Agua, evitando el aire en la Canasta, además calibrando la balanza eléctrica)

2º PESADO
(Se realizará a través de la Balanza Eléctrica; aquí se obtendrá el llamado PSS (Peso Saturado Superficialmente Seco)

4º SECADO EN HORNO – PESADO
(Por un tiempo de 24 horas es colocado en el Horno, para luego ser pesado (PESO SECO)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ESCORIA FINA

Materiales:

- Picnómetro o Matraz aforado
- Balanza Eléctrica
- Tronco de Cono Recto construido con una chapa metálica
- Varilla para apisonado, metálica, de 340 gr
- Guantes
- Cocina Eléctrica

PICNÓMETRO	**GUANTES**	**MOLDE CÓNICO-VARILLA**	**BALANZA ELÉCTRICA**

Procedimiento:

- El agregado fino de escoria es colocado en agua (balde, al igual que el grueso) por 24 horas, después del período de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar pérdida de estas partículas finas y se extiende la muestra sobre una bandeja, comenzando la operación de secar la superficie de las partículas; colocadas al sol.
- Pasado un tiempo corto es llevado inmediatamente a la operación del **Molde Cónico**, colocando el agregado, haremos un pequeño compactado con la varilla metálica redondeada de 25 golpes.

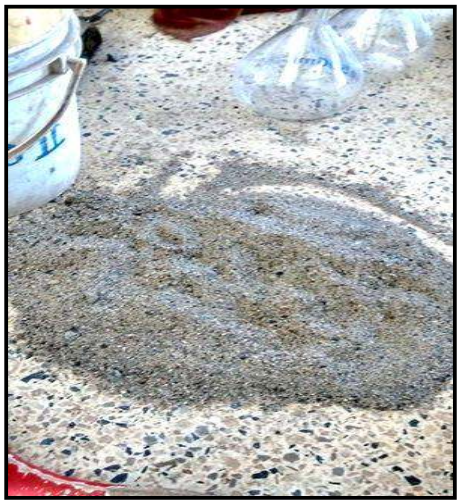
Luego se levanta el cono con cuidado.

NOTA: Si la superficie de las partículas conserva aún excedo de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, se continuará agitando y secando la

muestra, realizando la prueba del cono hasta que el primer desmoronamiento, confirme una superficie seca.

- A través de la balanza eléctrica pesamos 100 gramos de agregado fino y lo cual se verterá al picnómetro, luego se le coloca una cantidad de agua hasta el 90% de su capacidad, para eliminar el aire atrapado.
- Se coloca los picnómetros a una cocina eléctrica, que llevará durante una hora una temperatura de 21-25Cº, y, por último, se secan, se enfría con un balde de agua y al pesado.

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:



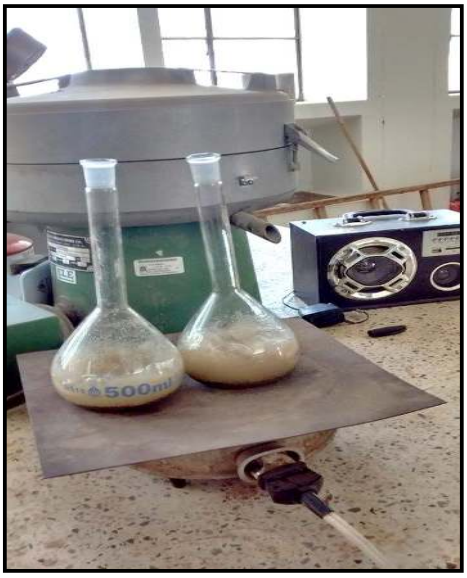
1º SECADO
(La escoria fina es remojado por 24 horas, al igual que el grueso; al completarse se deja secar un poco (ambiente).

2º PRUEBA DEL CONO
(Con el Molde Cónico, se echará (cada 3 partes de su **volumen)** ***agregado*** *fino que será compactado con la Varilla Metálica*

3º APISONADO DEL MOLDE
(A través de 25 golpes a la masa de agregado colocado en el molde se compactará para proceder al proceso de Desmoronamiento)
(Levantar el cono con cuidado)

4º DESMORONAMIENTO
(El primer desmoronamiento confirma una superficie seca por parte del agregado, esto se obtiene mediante a prueba del cono, en caso de no desmoronarse por completo la superficie se continuará compactando).

5º PESADO DE MUESTRA
(100gr)



7º COLOCADO DE AGUA Y A HERVIR
(15 minutos)
Después de colocar el agregado, se en la sartén eléctrica en un tiempo de 20 min; para eliminar las burbujas de aire, para obtener un peso ligero por parte del agregado.

6º COLOCADO AL PICNÓMETRO

8º ENFRIAMIENTO
(Se quita los picnómetros con agregado y con un balde se enfría para un buen manejo de éste).

9º PRE-PESADO
Con un conducto de goma, se nivelará la cantidad de agua en los picnómetros y se procede a su respectivo Pesado en la Balanza Eléctrica.

10º PESADO
A través de la balanza eléctrica, se pesará:
PICNÓMETRO + AGREGADO

Algunas Recomendaciones:

- **Proceso del Cono:** Se necesita un secado lento para la escoria fina, es decir una condición de SSS. Si no se encuentra uniforme secado se permite, los resultados pueden ser erróneos debido a sobre-secos porciones del agregado y no estará saturado.
- **La Colocación del Molde:** Sobre una superficie lisa y nivelada, firme y no absorbente, para el relleno de agregado y el Apisonado mediante la varilla. Además, comprobar a través del **DESMORONAMIENTO** (PROCESO 4º), si el agregado se encuentra Superficialmente Seco.
- Se debe utilizar agua destilada hasta el cuello del Matraz (Picnómetro)

- **PROCTOR MODIFICADO**

El ensayo de Compactación – Proctor Modificado con la Ecogravilla, se realizó de tal manera de hallar la Densidad Máxima Seca y el Contenido de Humedad correspondiente y necesario en caso de ser expuesto a esfuerzo de compactación. Se utilizaron las mismas herramientas y/o equipos en el Acápite 3.1.5 PROCTOR MODIFICADO. De acuerdo con el Método analizado, según la gradación de la Ecogravilla (Gradación B), cumple con los requisitos de realizar el Método C de Próctor Modificado, por lo tanto, se usó:

MAQUINA COMPACTADORA	**BALANZA Y TARAS**	**HORNO**

Ha de tomarse en cuenta que el Ensayo de Proctor, se realizó previa combinación de la Ecogravilla de acuerdo con el Ensayo de Análisis Granulométrico ya mencionado, en el que posee un 55.8% de Agregado Grueso y 44.2% de Agregado Fino, y por cada molde del ensayo proctor (debido al alto peso específico de éste), se evaluó a 6.5 kg, de tal manera que tengamos suficiente material por compactar.

PROCEDIMIENTO

1° Pasar el suelo por el tamiz ¾ “, para obtener las muestras (usualmente unas 4 muestras de aproximadamente 6 a 8 Kg para así obtener unos 4 puntos para la curva.)

2° Se pesa el molde (limpiado previamente).

3° El molde se lo coloca en su base, en la cual previamente se coloca un papel para así evitar que la muestra se adhiera a la base y de ese modo facilitar el desarrollo del ensayo; y a su vez se coloca la extensión del molde (collarín) y ambos se aseguran con los tornillos de tal manera que queden fijos.

4° Se coloca una de las muestras en una bandeja metálica, a la cual se la añade un cierto porcentaje de agua (el cual va variar de muestra en muestra generalmente en 2% más); y luego se procede a mezclar con ayuda de un badilejo, de tal manera que se tenga una mezcla homogeneizada, para después dividirla en 5 porciones iguales.

5° Se distribuye uniformemente de una por una las 5 porciones de la muestra dentro del molde (previamente ya armado), y a cada capa o porción de muestra se le aplica el proceso de compactación con ayuda del martillo (56 golpes por capa).

6° Una vez acabada la compactación, se procede a retirar el collarín y se enrasa cuidadosamente el suelo compactado del molde, rellenando cualquier concavidad formada eventualmente con suelo que pase por la malla N° 4.

7° Con ayuda de una brocha se limpia el molde de posible suelo suelto que se pudiese adherir en el exterior, para después pesar el molde con la muestra compactada.

8° Se extrae una fracción de muestra del suelo compactado y se lo coloca en un recipiente para luego pesarlo, secarlo y volverlo a pesar para de ese modo determinar su contenido de humedad.

OBSERVACIÓN: Se realiza el mismo procedimiento por cada muestra de suelo, teniendo en cuenta siempre que la cantidad de agua que se añada a cada una debe ir variando generalmente en un 2%.

PASO 1: *De acuerdo con las especificaciones y características de la Ecogravilla, se pasará por el tamiz de ¾", de manera tal que cumpla con los requisitos del Método C – Proctor Modificado, en el que se utilizará 25 kilos de material que pasa el tamiz de ¾". Entre finos y gruesos, de acuerdo con los porcentajes hallados en el Análisis Granulométrico Global.*

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

PASO 2: Obtenido los porcentajes de fino y gruesos de acuerdo a la granulometría, realizaremos la mezcla correspondiente, teniendo un peso total de 25 kg.

PASO 3: Debemos tener una buena mezcla, permitiendo que la Ecogravilla tenga dispersos los finos y gruesos.

PASO 4: Se pesó aproximadamente 6 a 6.5 kg, para cada molde, de tal manera que tengamos 4 puntos del ensayo Próctor.

PASO 5: Se pesará el agua de acuerdo con el porcentaje que se desea variar, en el caso de la Ecogravilla se ha variado en 2%, desde 4% hasta el 10%, tomando 4 puntos de humedad.

PASO 6: Se realizará la mezcla con el porcentaje de agua pesada sobre la bandeja, de manera tal que los 6.5 kilos se encuentren húmedos en todos sus espacios.

PASO 7: Se separarán 5 mezclas, que representan las 5 capas del molde, se distribuye bien las capas de tal manera que posea casi la misma cantidad.

PASO 8: Con la ayuda de la espátula o la pala, se empieza a echar el material en el molde, asegurándonos que los tornillos de este se encuentren fijos.

PASO 9: Se realiza el trabajo de compactación con la ayuda del pisón realizando un total de 56 golpes en forma espiral en el molde, por cada capa compactada. Este paso se repite 5 veces.

PASO 10: Al completarse la etapa de compactación, se quita el collarín se procede a limpiar la parte excedente por encima del molde a través de una varilla plana, quitando los agregados que están sobresalidos.

PASO 11: Una vez limpio el molde, se procede a sacar los tornillos de ajuste para ser llevados a la balanza, y obtener su peso.

PASO 12: Se pesa el material + molde en la balanza. Se debe conocer el peso y volumen del molde que retiene a la muestra.

PASO 13: Una vez pasado se lleva el molde al recipiente, en donde sacaremos el material compactado, es aquí donde se procede a realizar el ensayo de Contenido de Humedad.

PASO 14: Se colocará una muestra del material compactado en una tara (Previo pesado de ésta), en el cual obtengamos peso tara + muestra húmeda.

PASO 15: Se lleva al horno o estufa de temperatura 110ºC +- 5, en el cual se dejará por 24 horas para obtener el Peso seco del material compactado.

Este proceso corresponde a 1 punto de la curva del Ensayo Proctor Modificado, de acuerdo con lo realizado se obtuvieron 3 puntos, de tal manera que podamos encontrar la Densidad Seca Máxima. Se puede apreciar observaciones de la Ecogravilla cómo:

- El peso específico de la Ecogravilla, es alto, por lo que se tuvo que usar un porcentaje más de fino para completar con lo requerido según el análisis granulométrico
- A partir del contenido de humedad de 8%, se observó que el agua agregada empezó a escurrirse en la parte baja del molde.
- La curva de Proctor Modificado de la Ecogravilla, se caracteriza por tener dos puntos de subida. Especificado en la **Figura 37.1**

- **VALOR DE SOPORTE DEL SUELO**

El presente acápite, se realizó el ensayo de CBR con la Ecogravilla, debemos indicar qué, en este material se usó el Método C, según el Manual de Ensayo de Materiales. Se utilizaron los mismos instrumentos y equipos para realizar este ensayo **(Acápite VALOR DE SOPORTE DEL SUELO)**

PASO 1: Se pesará una cantidad de 6.5 kg (19.5 kilos), para cada molde de ensayo de CBR. (Material corresponde a la Ecogravilla) Previo tamizado por el Tamiz ¾", de acuerdo con el método de gradación del Proctor (Método C)

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

PASO 2: Se mezclan las cantidades de agregado fino y grueso, en el recipiente con la dosificación obtenida en el ensayo de Análisis Granulométrico

PASO 3: Se pesa la cantidad de agua o contenido de Humedad óptima de acuerdo al Ensayo Próctor anterior realizado. Aproximadamente 11.7% del peso del material. (760.50 gr)

PASO 4: Se echa el agua pesada en los 6.5 kg de muestra de la calicata en el recipiente. Y a través de la espátula se dispersará el agua en todo el material.

PASO 5: Dividiremos en 5 muestras los 6.5 kg, de tal manera que cada parte representa 1 capa de las que se compactará de acuerdo al ensayo.

PASO 6: Se colocará el Disco compactador y el papel filtro dentro del molde de ensayo de CBR (6”), en el cuál debemos fijar los tornillos a estos, evitando pérdida de material.

PASO 7: Antes de realizar la compactación, debemos pesar una tara para luego colocar una muestra del recipiente (P.Tara + M.Húmeda) – Procedimiento de Contenido de Humedad

PASO 8: La tara pesada y con la muestra húmeda, es llevada al horno, en el cuál pasando las 24 horas, obtenemos las muestras secas y se halla el Contenido de Humedad.

PASO 9: Se procede en colocar el material dividido de la muestra, en total se tendrá 5 capas, en el cuál se compactará por molde, de 10, 25 y 56 golpes con el pisón (Método AASHTO).

PASO 10: Se enrasará a través de la varilla plana, evitando que existan vacíos o espacios que podría afectar la penetración, colocando material en caso se necesita rellenar y alisar el molde. Se procede a limpiar el alrededor.

PASO 11: Se voltea el molde, de tal manera que se quita el disco espaciador, y con mucho cuidado se quita el papel filtro, tratando de evitar que la parte base anterior no se maltrate y tenga área de contacto lisa al darse la penetración.

PASO 12: Se pesa el Molde + M. Compactada Húmeda. Se tiene como dato el peso y volumen del molde, de tal manera que hallemos la densidad del suelo compactado

PASO 13: Se colocará el collar y la sobrecarga anular de tal manera que permita la penetración del pisón de la máquina de CBR.

NOTA: De acuerdo con la Norma ASTM 1883 – "**Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils",** establece que la relación de soporte (CBR) es usualmente el 0.1" de penetración; en caso de que la penetración de 0.2" sea mayor a la penetración de 0.1", se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, se deberá usar la penetración de 0.2" como relación de soporte final. Este ensayo se repitió para 10 muestras de Escorias aplicadas junto a su Proctor Modificado y CBR, de acuerdo a los porcentajes evaluados en el Ensayo de Análisis Granulométricos, cumpliendo la gradación correspondiente según norma.

- **ANALISIS QUÍMICO DE LA ESCORIA**
  - **ENSAYO DE PH – ASTM D 513**

El ensayo de Ph, o PH de suelos, correspondiente a la norma MTC E 129, permite determinar el valor de pH y denotar el grado de acidez o alcalinidad en muestras de suelo suspendidos en agua. PH significa Potencial de Hidrógeno y consiste en el logaritmo del recíproco de la concentración del ión Hidrógeno. Los valores extremos del pH son 0 y 14; y el valor medio 7 indica que la solución es neutra.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

BALANZA	**VASOS DE PRECIPITACIÓN**	**4 TARAS**	**AGUA DESTILADA**

- **PEACHÍMETRO:** Para identificar los grados de PH con Papel de tornasol
- **Palas, Espátulas.**

MUESTRA: Dejamos la muestra secando a temperatura ambiente, y se procede a coger una cantidad de 25 gr a 30gr de muestra de suelo, para ser llevado a las taras correspondientes.

PROCEDIMIENTO GRÁFICO:

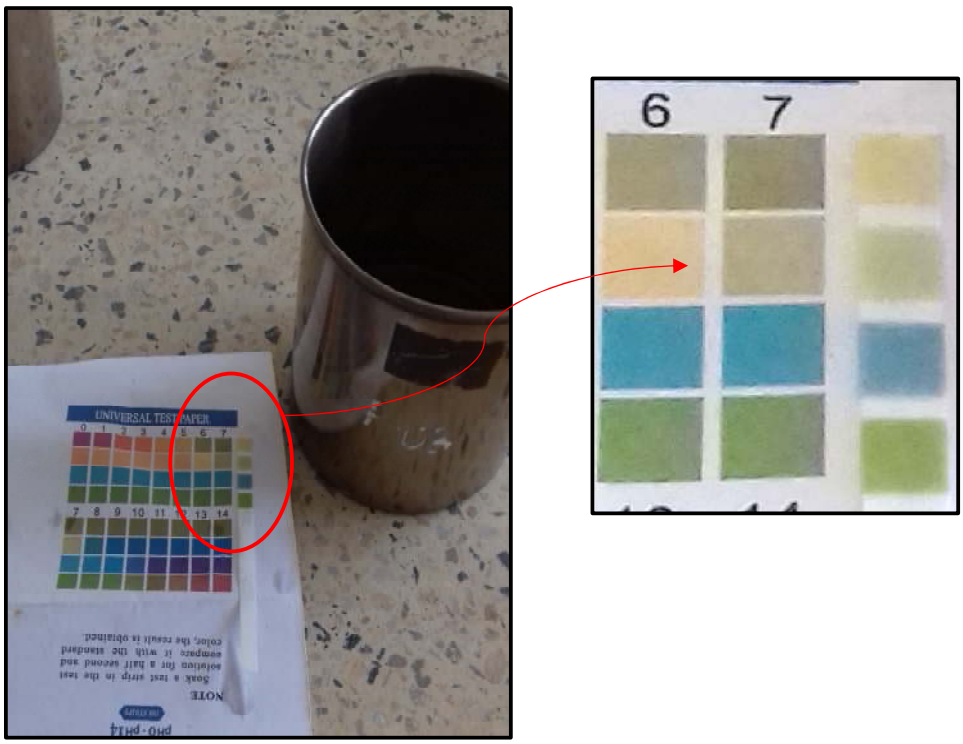
PASO 1: Pesamos las Taras que recibirán las muestras de suelo para el ensayo.

PASO 2: Se agregará pesará una cantidad de 25gr a 30gr, de acuerdo a la Calicata (C1-C2-C3-Ecogravilla)

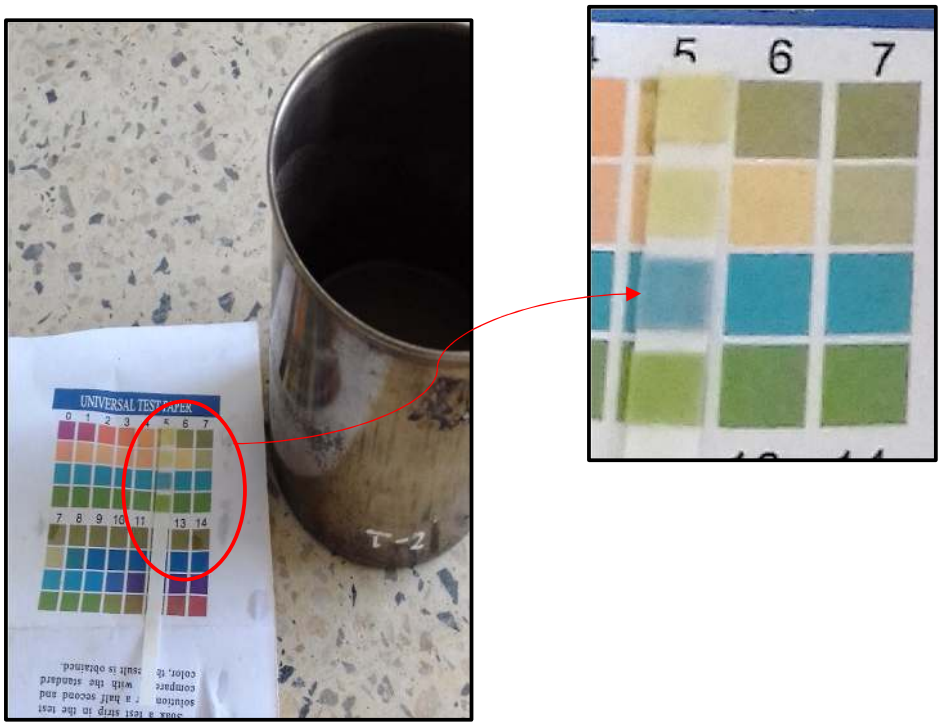
PASO 3: Se agrega 100 ml de Agua Destilada, en las taras ya pesadas, con la ayuda de los vasos de precipitación, en el que agregaremos dispersando el material

PASO 4: Una vez echado el agua destilada, se deja en reposo por 24 horas en el que procedemos a medir el PH con un Peachímetro (grado de color)

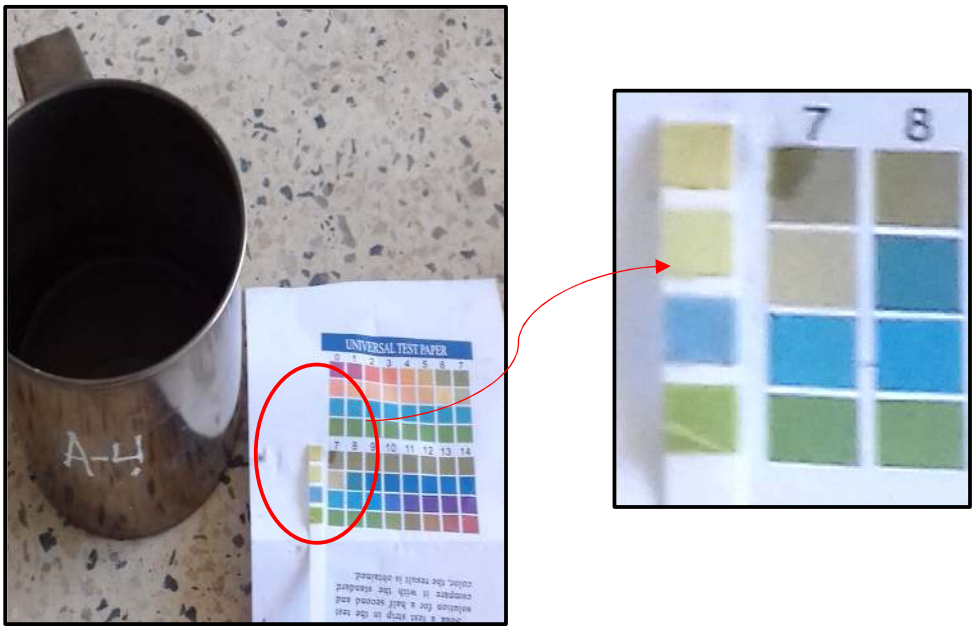
PASO 5: Se coloca el papel de tornasol en la muestra de agua, y se mide el grado de acidez o alcalino que posee las muestras de suelo y la Ecogravilla.



CALICATA – 1: SE OBTUVO UN PH DE 6.50



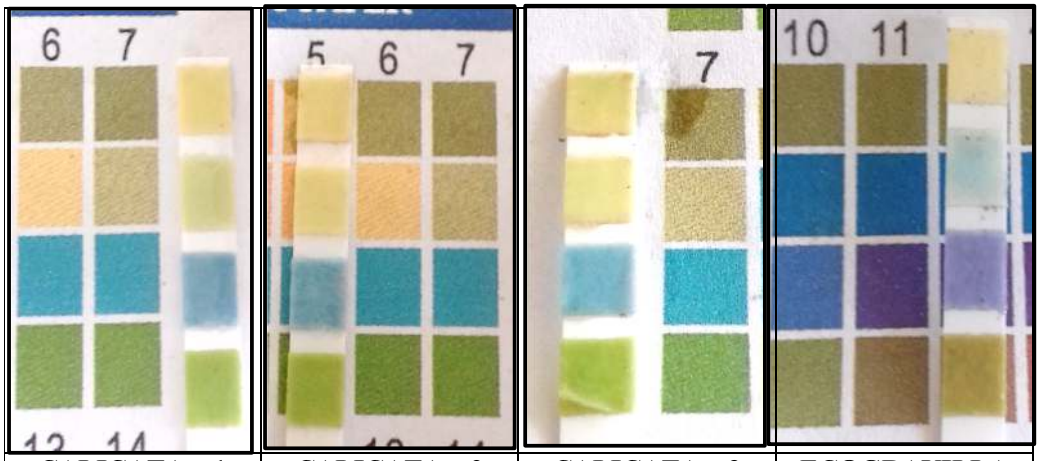
CALICATA – 2: SE OBTUVO UN PH DE 6.00



CALICATA – 3: SE OBTUVO UN PH DE 7.00

ECOGRAVILLA: SE OBTUVO UN PH DE 10.50

RESULTADOS:



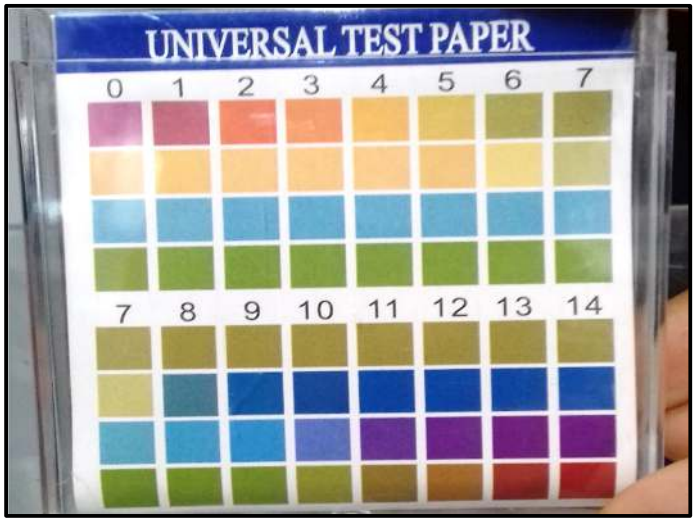
CALICATA – 1	CALICATA – 2	CALICATA – 3	ECOGRAVILLA
TARA P – 03	TARA T - 2	TARA A - 4	TARA 2
GRADO: 6.5	GRADO: 6	GRADO: 7.0	GRADO: 10.50

De acuerdo con lo mencionado en el acápite 'ANTECEDENTES DE ANÁLISIS QUÍMICOS", los terrenos colindantes al C.P "San José de Pinilla" poseen un Ph que promedia desde 7 a 7.3, de acuerdo al Ensayo realizado se tiene un pH promedio de 6.50 a 7.00.

De acuerdo con la Clasificación de los Rangos de pH de los Suelos – "Departamento de los Estados Unidos", considera qué:

Denominación	Rango de pH
Extremadamente ácido	< 4.5
Fuertemente ácido	4.5 – 5.5
Fuertemente ácido	5.6 – 6.0
Ligeramente ácido	6.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Medianamente básico	7.4 – 7.8
Básico	7.9 – 8.4
Ligeramente alcalino	8.5 – 9.0
Alcalino	9.1 - 10
Muy fuertemente alcalino	> 10.0

Por lo tanto, el material puesto a ensayo de pH de acuerdo con las calicatas y estratos presentes (cómo también los antecedentes de estudios químicos), posee un pH, promedio de 6.5 a 7 por lo tanto se considerará **Neutro** y a la escoria es considerada como fuertemente alcalina. Se dará en el Capítulo V: Evaluación de Resultados, su análisis correspondiente.



TEST DE ENSAYO DE pH

CLORUROS, SULFATOS Y SALES SOLUBLES TOTALES:

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305

ENSAYOS QUÍMICOS

TESIS: "EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO 'SAN JOSÉ DE PINILLA' (CENTRO) OCUCAJE – ICA"

TESISTA: BACH. MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN

Se realizaron los ensayos químicos en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de ICA, siguiendo la metodología siguiente:

MÉTODO: Gravimetría por Precipitación

MUESTRA: Escoria de Arco Eléctrico Triturada – Ecogravilla

PROCEDENCIA: Planta N° 2 - Aceros Arequipa S.A

Las muestras enviadas corresponden a los Agregados Finos, obteniéndose los siguientes resultados (Escoria Fina)

COMPONENTES QUÍMICOS	CANTIDAD
Sulfatos (SO_4)	755 ppm
Cloruros (Cl^-)	735 ppm

MÉTODO: Por Calcinación, obtención de Sales Solubles Totales

COMPONENTES QUÍMICOS	CANTIDAD
SST	3984 ppm

Q.F. Valencia Mendoza Karin
DIRECTOR TÉCNICO
C.F.Q.P. 12257

FIRMA DE RESPONSABLE

PRINCIPALES CANTERAS DE MATERIAL DE AFIRMADO

B.M.SACTA

Ubicación	Km 326+7000 LD. Panamericana Sur-Ica
Acceso	2.0km (camino afirmado)
Potencia	>10 000 m3
Deposito	Coluvial
Forma de agregados	Angulosos
Mat. Predominante	Grava (49%), arena (39%), finos (12%)
Índice de plasticidad	no plástico
Clasificación SUCS	GP-GM
Clasificación ASSHTO	A-1-a (0)
Abrasión	19.60%
Explotación	equipo convencional
Usos y tratamiento	Base granular (rendimiento 85%) el material para ser utilizado debe ser zarandeado y mezclado de tal forma que cumpla con los requerimientos de gradación en concordancia a especificaciones técnicas
Periodo de utilización	todo el año
Propiedad	privada
Observación	El empleo para el uso propuesto está condicionado a un buen control de porcentaje de partículas chatas y alargadas y la verificación de la gradación en obra, antes de su utilización y de acuerdo a la especificación técnica correspondiente.

B.M. YAURILLA

Ubicación	Distrito de Parcona, a unos 8km de la cuidad de Ica
Acceso	vía afirmada que une los distritos de Tinguiña y Parcona, en regular estado de conservación
Potencia	>40 000 m3
Deposito	de origen coluvio-aluvial
Forma de agregados	variada de subangular a angular
Mat. Predominante	Mezcla de grava (45 a 60%)
Índice de plasticidad	no plástico
Clasificación SUCS	SW-SM
Clasificación ASSHTO	A-1-a (0)
Abrasión	20.00%
Explotación	equipo convencional
Usos y tratamiento	Base granular (rendimiento 85%) el material para ser utilizado debe ser zarandeado y mezclado de tal forma que cumpla con los requerimientos de gradación en concordancia a especificaciones técnicas. Mezcla Asfáltica (rendimiento 70%) el material para poder ser utilizado deberá ser chancado, zarandeado, venteado (arena) y mezclado (piedra y arena de tal forma que cumplan los requerimientos de gradación y calidad en concordancia a especificaciones técnicas.
Periodo de utilización	todo el año
Propiedad	Ministerio de Transporte
Observación	El material de esta cantera se viene usando en otros proyectos y cuenta con análisis de laboratorio de la calidad de los agregados, los cuales indican que los agregados cumplen con las especificaciones técnicas para los usos propuestos. El empleo para los usos propuestos está condicionado a la verificación de la gradación en obra, de acuerdo a la especificación técnica correspondiente.

B.M. OCUCAJE

Ubicación	Km 335+000. LD. Panamericana Sur-Ica.
Acceso	1.3 km (camino afirmado) caserío pinilla
Potencia	>10 000m3
Deposito	coluvial
Forma de agregados	agregado fino redondeado
Mat. Predominante	
Índice de plasticidad	no plástico
Clasificación SUCS	SP-SM
Clasificación ASSHTO	A-3-a (0)
Abrasión	
Explotación	equipo convencional
Usos y tratamiento	Rellenos y terraplenes
Periodo de utilización	todo el año
Propiedad	terceros
Observación	Actualmente esta cantera está encargada de atribuir el afirmado a Provías para la pavimentación del sector de C.P Pinilla

B.M ROBERTO ALONSO

Ubicación	Distrito de La Tinguiña
Acceso	Av. Mexico y el AA.HH. LAS TORRES
Potencia	>73 000m3
Deposito	Cielo Abierto
Forma de agregados	Angulares y redondeadas
Mat. Predominante	
Índice de plasticidad	no plástico
Clasificación SUCS	GP-GM
Clasificación ASSHTO	A-1-a (0)
Abrasión	25%
Explotación	equipo convencional
Usos y tratamiento	Rellenos y terraplenes
Periodo de utilización	todo el año
Propiedad	Terceros
Actualidad	Actualmente la cantera atribuye material para los parchados y pavimentación para las zonas de Parcona y Tinguiña

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Centro de Producción "Laboratorio de Mecánica de Suelos"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telefax: 056-225924 Telf. 218928 ICA – PERÚ

UNICA

ANALISIS GRANULOMETRICO

CERTIFICADO Nº 012-19

Solicitado por : Bach. MENDOZA VERGARA Pedro Martin
Proyecto : Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavim. Flexibles en el C.P. San Jose de Pinilla (centro) Ocucaje - Ica
Ubicación : SAN JOSE DE PINILLA - CENTRO - OCUCAJE - ICA

BOLETA N° 2353

Tipo de Exploración : A CIELO ABIERTO
Realizado por : ING. RENE CANCHARI VEGA
Fecha : ICA, FEBRERO DEL 2019

Procedencia : C.P. SAN JOSE DE PINILLA
Muestra : C - 1; E - 1 0.00 a 1.50mt.
Peso de Muestra : 1000.00 grs.

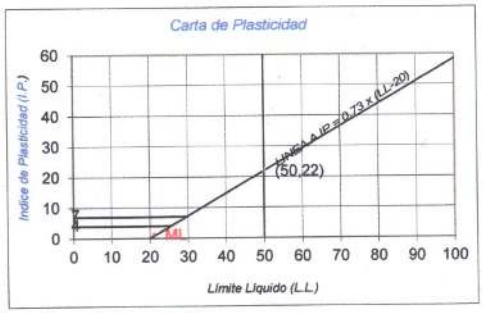
ESTANDAR DE CLASIFICACION ASTM D422-D2216-D2487 / AASHTO T87

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

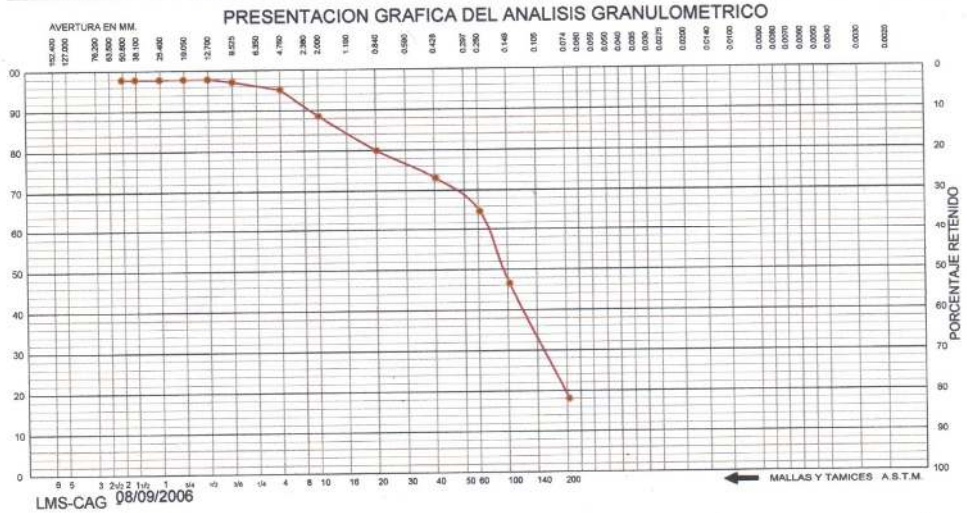
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500	7.40	0.74	99.26	0.74
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	20.10	2.01	97.25	2.75
8	2.300				
10	2.000	68.50	6.85	90.40	9.60
16	1.190				
20	0.840	88.90	8.89	81.51	18.49
30	0.590				
40	0.420	70.80	7.08	74.43	25.57
50	0.297				
60	0.250	85.90	8.59	65.84	34.16
80	0.177				
100	0.149	188.60	18.86	46.98	53.02
140	0.105				
200	0.074	294.30	29.43	17.55	82.45
Fondo		175.50	17.55	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr.		
D_{10} (mm)		0.042	C_U	5.19	
D_{30} (mm)		0.106	C_C	1.21	
D_{60} (mm)		0.219			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	17.13
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	21.05
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	19.71
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	1.34
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S - M
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-2-4 (0)



PRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS GRANULOMETRICO



LMS-CAG 08/09/2006

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ING. FELIX A. CANCHO GRADOS
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Centro de Producción "Laboratorio de Mecánica de Suelos"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telefax: 056-225924 Telf: 218928 ICA – PERU

ANALISIS GRANULOMETRICO

Solicitado por : Bach. MENDOZA VERGARA Pedro Martin — CERTIFICADO Nº 012-A-19
Proyecto : Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavim. Flexibles en el C.P. San Jose de Pinilla (centro) Ocucaje - Ica
Ubicación : SAN JOSE DE PINILLA - CENTRO - OCUCAJE - ICA — BOLETA N° 2353

Tipo de Exploración	: A CIELO ABIERTO
Realizado por	: ING. RENE CANCHARI VEGA
Fecha	: ICA, FEBRERO DEL 2019

Procedencia	: C.P. SAN JOSE DE PINILLA
Muestra	: C - 2; E - 1 0.00 a 1.50mt.
Peso de Muestra	: 1000.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

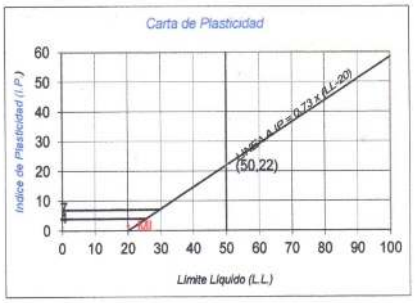
ESTANDAR DE CLASIFICACION ASTM D422-D2216-D2487 / AASHTO T87

Tamiz ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	2.00	0.20	99.80	0.20
8	2.300				
10	2.000	27.80	2.78	97.02	2.98
16	1.190				
20	0.840	68.00	6.80	90.22	9.78
30	0.590				
40	0.420	74.60	7.46	82.76	17.24
50	0.297				
60	0.250	80.20	8.02	74.74	25.26
80	0.177				
100	0.149	247.40	24.74	50.00	50.00
140	0.105				
200	0.074	268.20	26.82	23.18	76.82
Fondo		231.80	23.18	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr.		

D_{10} (mm)	0.032	C_U	5.95	
D_{30} (mm)	0.093	C_C	1.43	
D_{60} (mm)	0.190			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	7.04
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	20.00
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	18.35
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	1.65
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S - M
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-2-4 (0)



PRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS GRANULOMETRICO

LMS-CAG 08/09/2006

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Ing. FELIX A. CANCHO GRADOS
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Centro de Producción "Laboratorio de Mecánica de Suelos"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telefax: 056-225924 Telf: 218928 ICA - PERÚ

ANALISIS GRANULOMETRICO

Solicitado por :Bach. MENDOZA VERGARA Pedro Martin — CERTIFICADO Nº 012-B-19
Proyecto :Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavim. Flexibles en el C.P. San Jose de Pinilla (centro) Ocucaje - Ica
Ubicación :SAN JOSE DE PINILLA - CENTRO - OCUCAJE - ICA — TESISTA

Tipo de Exploración	:A CIELO ABIERTO
Realizado por	:ING. RENE CANCHARI VEGA
Fecha	:ICA, FEBRERO DEL 2019

Procedencia	: C.P. SAN JOSE DE PINILLA
Muestra	: C - 3; E - 1 0.00 a 1.50mt.
Peso de Muestra	: 1000.00 grs.

ESTANDAR DE CLASIFICACION ASTM D422-D2216-D2487 / AASHTO T87

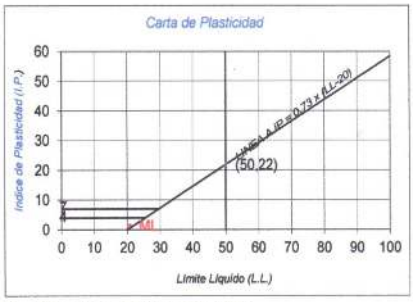
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500	5.00	0.50	99.50	0.50
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	54.60	5.46	94.04	5.96
8	2.300				
10	2.000	58.20	5.82	88.22	11.78
16	1.190				
20	0.840	59.40	5.94	82.28	17.72
30	0.590				
40	0.420	66.00	6.60	75.68	24.32
50	0.297				
60	0.250	89.80	8.98	66.70	33.30
80	0.177				
100	0.149	194.00	19.40	47.30	52.70
140	0.105				
200	0.074	222.00	22.20	25.10	74.90
Fondo		251.00	25.10	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr.		

D_{10} (mm)	0.029	C_U	7.30
D_{30} (mm)	0.091	C_C	1.29
D_{60} (mm)	0.215		

HUMEDAD NATURAL (W)	%	15.10
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	20.71
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	19.20
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	1.51
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S - ML
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-2-4 (0)



PRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS GRANULOMETRICO

LMS-CAG 08/09/2006

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ING. RENE CANCHARI GRACOS
CENTRO DE PRODUCCIÓN DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Centro de Producción "Laboratorio de Mecánica de Suelos"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telefax 056-225924 Telf. 218928 ICA – PERU

UNICA

ANALISIS GRANULOMETRICO

Solicitado por	:Bach. MENDOZA VERGARA Pedro Martin	CERTIFICADO Nº 012-C-19
Proyecto	:Eficiencia de la Ecogravilla para el Diseño de Pavim. Flexibles en el C.P. San Jose de Pinilla (centro) Ocucaje - Ica	
Ubicación	:SAN JOSE DE PINILLA - CENTRO - OCUCAJE - ICA	TESISTA

Tipo de Exploración	:A CIELO ABIERTO
Realizado por	:ING. RENE CANCHARI VEGA
Fecha	:ICA, FEBRERO DEL 2019

Procedencia	:	ACEROS AREQUIPA
Muestra	:	ESCORIA - CIELO ABIERTO
Peso de Muestra	:	18000.00 grs.

ESTANDAR DE CLASIFICACION
ASTM D422-D2216-D2487 / AASHTO T87

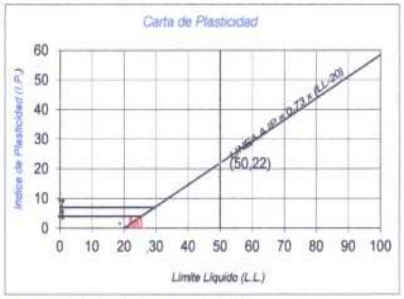
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Tamices ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	1313.30	7.30	92.70	7.30
1"	25.400	1071.30	5.95	86.75	13.25
3/4"	19.000	1172.20	6.51	80.24	19.76
1/2"	12.700	2363.10	13.13	67.11	32.89
3/8"	9.500	1066.50	5.93	61.19	38.81
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	2637.40	14.65	46.53	53.47
8	2.300				
10	2.000	3205.90	17.81	28.72	71.28
16	1.190				
20	0.840	1455.80	8.09	20.64	79.36
30	0.590				
40	0.420	857.70	4.77	15.87	84.13
50	0.297				
60	0.250	716.60	3.98	11.89	88.11
80	0.177				
100	0.149	551.10	3.06	8.83	91.17
140	0.105				
200	0.074	685.50	3.81	5.02	94.98
Fondo		903.60	5.02	0.00	100.00
Peso Total =		#######	gr.		

D_{10} (mm)	0.188	C_U	48.58
D_{30} (mm)	2.198	C_C	2.82
D_{60} (mm)	9.116		

HUMEDAD NATURAL (W)	%	11.05
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	18.59
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	16.96
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	1.63
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	G W - G M
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-1-a (0)



PRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS GRANULOMETRICO

LMS-CAG 08/09/2006

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Ing. FERNANDO CISNEROS GRADOS
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACION
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Certificado N° 010-19
TESISTA

Solicitado : **Bach. MENDOZA VERGARA Pedro Martin**

Obra : **EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA**

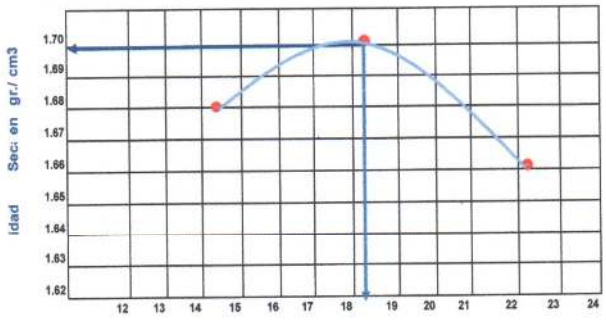
Ubicacion : **C.P. SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA**
Material : **SUELO NATURAL** Volúmen del molde : **2100**
Cantera : Peso de Molde : **2815.00 gr.**
Fecha : **ICA, ABRIL DEL 2019**

	Prueba	N°	1	2	3
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	6,851.21	7,034.74	7,078.00
2	Peso del molde	gr.	2,815.00	2,815.00	2,815.00
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,036.21	4,219.74	4,263.00
4	Densidad húmeda	gr/c.c.	1.92	2.01	2.03
5	Densidad seca	gr/c.c.	**1.68**	**1.70**	**1.66**

	Frasco	No.	1	2	1
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	600.69	691.87	725.98
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	535.90	599.20	611.40
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	64.79	92.67	114.58
4	Peso del frasco	gr.	89.10	90.00	94.10
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	446.80	509.20	517.30
6	Contenido de humedad(3/5x100)	%	**14.50**	**18.20**	**22.15**

Máxima Densidad seca : **1.70 grs/c.c.**

Optimo contenido de humedad : % **18.20**



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Ing. FELIX A. ORIMENO GARCES
CENTRO DE PRODUCCIÓN DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - SUELO NATURAL

CERTIFICADO Nº 006-19
TESISTA

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA Pedro Martin

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P. SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : SUELO NATURAL

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rene canchari Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1.70 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 18.20 %

MOLDE Nº		1		2		3
CAPAS Nº		5		5		5
GOLPES POR CAPA Nº		10		25		56
COND. DE LA MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA		MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11405.00		11475.00		11526.00
PESO DEL MOLDE gr		7263.00		7205.00		7230.00
PESO DE SUELO HUMEDO gr		4122.00		4270.00		4296.00
VOLUMEN DEL SUELO c.c.		2135.00		2130.00		2136.00
DENDIDAD HUMEDAD gr/c.c.		1.93		2.01		2.01
% DE HUMEDAD		20.80		19.60		18.20
DENSIDAD SECA gr/c.c.		1.60		1.68		1.70
TARA Nº		2		2		2
TARA + SUELO HUMEDO gr		555.10		329.00		396.05
TARA + SUELO SECO gr		475.50		288.80		349.20
AGUA gr		79.60		40.20		46.85
PESO DEL TARA gr		91.90		83.50		91.80
PESO DEL SUELO SECO gr		387.60		205.30		257.40
% DE HUMEDAD %		20.54		19.60		18.20

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION
ESPECIMEN Nº 2	0.00	0.00	0.00	0.00	E= S x 100	Peso S. Saturado	485.00
LUNES 10:00 a.m.	2 h.	10	0.10	0.8	h	Peso S. compact.	476.9
MARTES 9:30 a.m.	23 h.	21	0.21	0.168		Peso de Agua	8.1
MIERCOLES 9:30 a.m.	46 h.	35	0.35	0.28	E= 0.43%	Peso de Recipiente	41.50
JUEVES 10:00 a.m.	78 h.	46	0.42	0.336		Peso S. Seco	435.40
VIERNES 10:00 a.m.	96 h.	53	0.538	0.4304		% de Hinchamiento	1.86

PENETRACION

PENETRACION - CARGA Pulgadas	STAND	LECT. mm	MOLDE Nº 1 CARGA kg/cm2	MOLDE Nº 1 CORRECCION C.B.R.	MOLDE Nº 2 CARGA kg/cm2	MOLDE Nº 2 CORRECCION C.B.R.	MOLDE Nº 3 CARGA kg/cm2	MOLDE Nº 3 CORRECCION C.B.R.
0.025		3.04	0.84		1.56		2.53	
0.050		4.04	1.32		2.28		3.97	
0.075		8.05	2.28		3.48		5.41	
0.100	70	11.09	5.17	7.39	9.50	13.57	13.01	18.59
0.150		17.1	7.78		10.44		10.45	
0.200	105	36.07	9.00	8.57	11.16	10.63	19.11	18.20
0.300		51.08	12.61		15.25		21.00	
0.400								

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

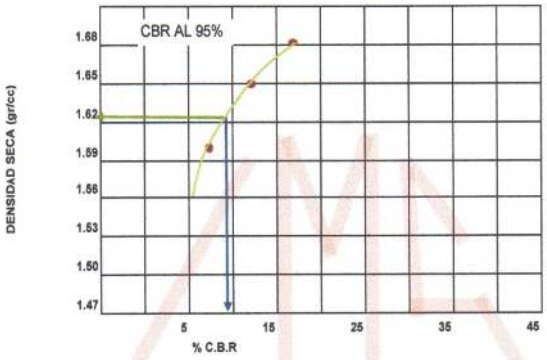
GRAFICOS C.B.R - S.NATURAL

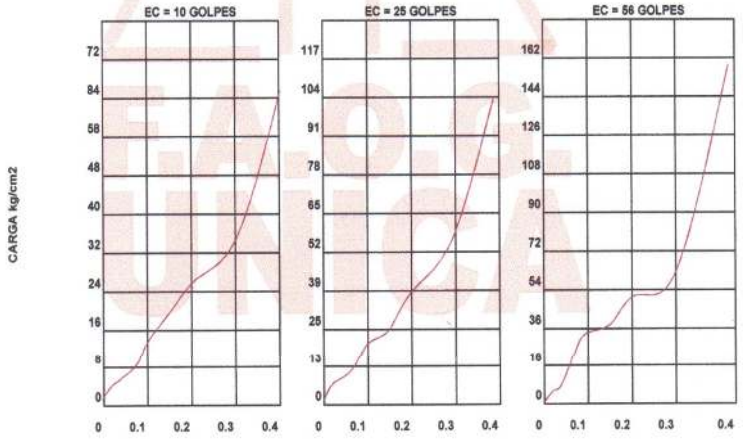
METODO DE COMPACTACION

CERTIFICADO Nº 006-19

TESISTA

MAXIMA DENSIDAD SECA	1.70
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.20
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	8.26
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	18.59





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACION
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Certificado N° 010-A-19
BOLETA N° 2353

Solicitado : Bach. MENDOZA VERGARA Pedro Martin

Obra : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicacion : C.P. SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA

Material : AFIRMADO - ESCORIA Volúmen del molde : 2100

Cantera : Peso de Molde : 2815.00 gr.

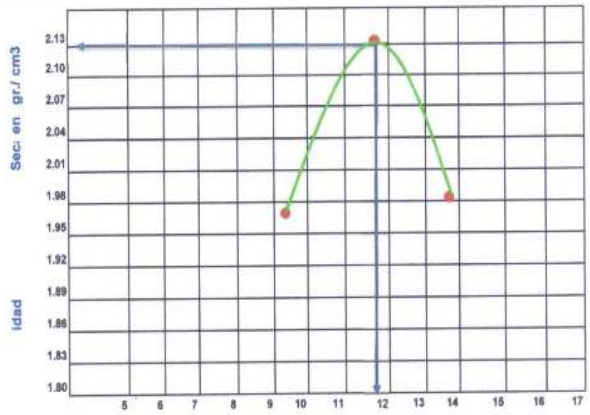
Fecha : ICA, ABRIL DEL 2019

	Prueba	N°	1	2	3	
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	11,160.00	11,618.00	11,386.00	
2	Peso del molde	gr.	6,548.00	6,548.00	6,548.00	
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,612.00	5,070.00	4,838.00	
4	Densidad húmeda	gr/c.c.	2.16	2.38	2.26	
5	Densidad seca	gr/c.c.	1.97	2.13	1.98	

	Frasco	No.	1	2	1	
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	333.10	502.54	590.29	
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	311.80	460.21	528.90	
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	21.30	42.32	61.39	
4	Peso del frasco	gr.	87.00	98.40	87.30	
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	228.80	361.81	441.60	
6	Contenido de humedad(3/5x100)	%	9.31	11.70	13.90	

Máxima Densidad seca : 2.13 grs/c.c.

Optimo contenido de humedad : % 11.70



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Ing. FELIX A. ORTEGA GRADOS
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. AFIRMADO

CERTIFICADO Nº 006-A-19
BOLETA N° 2363

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA Pedro Martin

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P. SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : AFIRMADO - ESCORIA

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rene canchari Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.13 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 11.66 %

MOLDE N°		1	1	2		3	
CAPAS N°		5	5	5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10	10	25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11994.00		12180.00		12295.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7212.50		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4784.00		4967.50		5081.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENDIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.24		2.33		2.38	
% DE HUMEDAD		11.66		11.68		11.70	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	2.01		2.09		2.13	
TARA N°		2		2		2	
TARA + SUELO HUMEDO	gr	442.80		434.70		492.80	
TARA + SUELO SECO	gr	405.50		398.60		450.30	
AGUA	gr	37.30		36.10		42.50	
PESO DEL TARA	gr	85.60		89.40		87.10	
PESO DEL SUELO SECO	gr	319.90		309.20		363.20	
% DE HUMEDAD	%	11.66		11.68		11.70	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	LECT.	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Pulgadas	STAND	mm	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCIO	CARGA	CORRECCION
			kg/cm2	C.B.R.	kg/cm2	C.B.R.	kg/cm2	C.B.R.
0.025		27	11.16		17.15		46.92	
0.050		48	14.05		28.67		60.34	
0.075		78	16.67		55.50		112.65	
0.100	70	89	37.95	38.93	86.76	123.93	174.56	249.37
0.150		128	51.71		134.73		291.91	
0.200	105	135	77.16	73.48	168.33	160.31	387.87	369.40
0.300		215	126.34		225.43		525.85	
0.400								

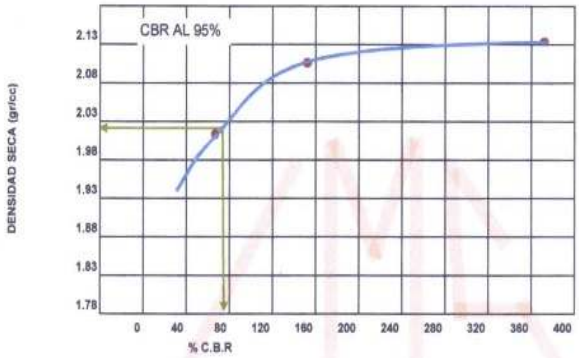
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Ing. FELIX CLEMENTE GRADOS
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

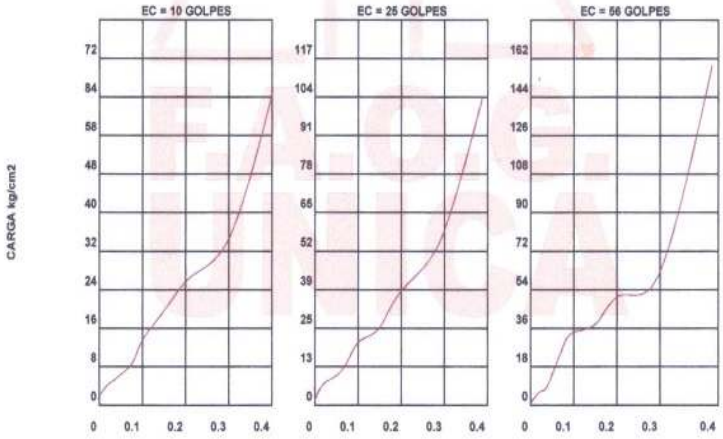
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.13	CERTIFICADO N° 002-A-19
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.66	BOLETA N° 2353
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	87.07	
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	369.40	





UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Ing. PEDRO A. CISNEROS GRADOS
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Solicitado	:	Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín
Obra	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA
Ubicación	:	C.P. SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA
Material	:	AFIRMADO - ESCORIA
Cantera	:	
Fecha	:	ICA, ABRIL DEL 2019

Volúmen del molde : 2100

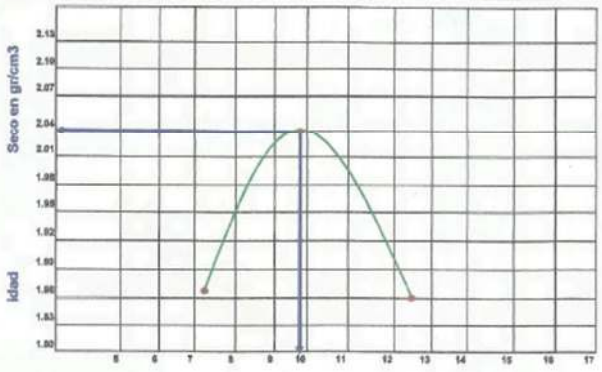
Peso de Molde: 2815.00 gr.

	Prueba	N°	1	2	3	
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10,768.00	11,258.00	10,935.00	
2	Peso del molde	gr.	6,548.00	6,548.00	6,548.00	
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,220.00	4,710.00	4,387.00	
4	Densidad húmeda	gr/c.c	2.01	2.24	2.09	
5	Densidad seca	gr/c.c	1.87	2.04	1.86	

	Frasco	No.	1	2	3
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	215.21	185.43	202.21
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	206.65	175.50	187.54
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	8.56	9.93	14.67
4	Peso del frasco	gr.	69.00	75.10	69.90
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	118.65	100.40	117.64
6	Contenido de humedad (3/5x100)	%	7.20	9.90	12.50

Máxima Densidad seca : 2.04 grs/c.c

Óptimo contenido de humedad : % 9.90



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Ing. FELIX A. CORNEJO GRACOS
CENTRO DE PROYECCIÓN DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - AFIRMADO

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martin

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : AFIRMADO - ESCORIA

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rene Canchari Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.04 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 9.90 %

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11846.00		11846.00		12165.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7213.00		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4636.00		4633.00		4771.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.08		2.17		2.24	
% DE HUMEDAD		9.72		9.86		9.90	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	1.90		1.98		2.04	
TARA N°							
TARA + SUELO HUMEDO	gr	487.20		420.40		473.20	
TARA + SUELO SECO	gr	450.85		389.50		438.30	
AGUA	gr	36.35		30.90		34.90	
PESO DEL TARA	gr	77.00		76.20		85.80	
PESO DEL SUELO SECO	gr	373.85		313.30		352.50	
% DE HUMEDAD	%	9.72		9.86		9.90	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND	LECT. mm	MOLDE N° 1 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 1 CORRECCION C.B.R.	MOLDE N° 2 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 2 CORRECCION C.B.R.	MOLDE N° 3 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 3 CORRECCION C.B.R.
0.025			7.36		17.69		28.47	
0.050			10.54		35.80		55.69	
0.075			19.65		49.31		66.54	
0.100	**70**		33.35	33.36	98.65	98.67	95.65	136.94
0.150			45.86		91.38		155.32	
0.200	**105**		54.32	51.73	120.58	114.84	212.94	202.80
0.300			75.50		197.30		304.60	
0.400								

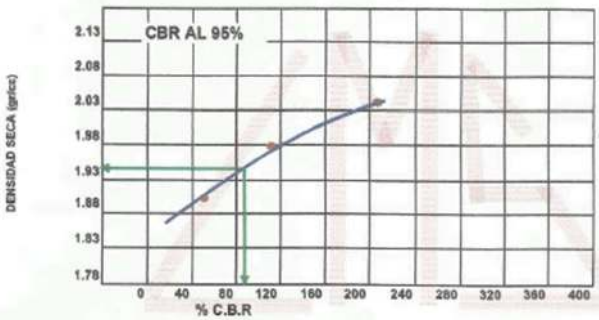
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

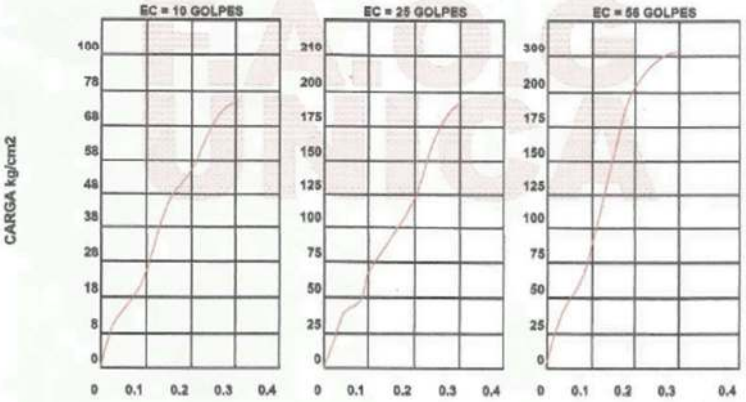
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.04
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.00
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	91.50
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	202.8





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Solicitado : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín

Obra : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación : C.P. SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA

Material : AFIRMADO - ESCORIA — Volúmen del molde : 2100

Cantera :

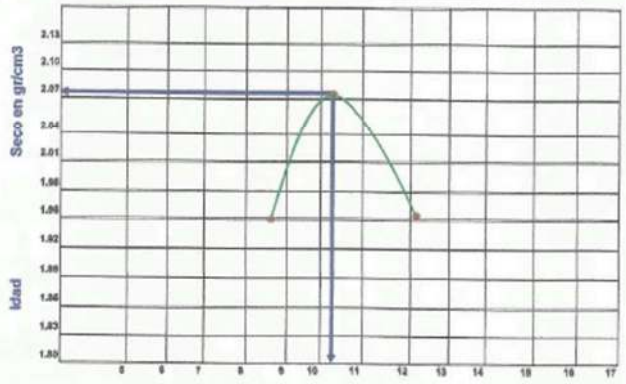
Fecha : ICA, ABRIL DEL 2019 — Peso de Molde: 2815.00 gr.

	Prueba	N°	1	2	3	
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	11,010.00	11,358.00	11,159.00	
2	Peso del molde	gr.	6,548.00	6,548.00	6,548.00	
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,462.00	4,810.00	4,611.00	
4	Densidad húmeda	gr/c.c	2.12	2.29	2.20	
5	Densidad seca	gr/c.c	1.98	2.08	1.96	

	Frasco	No.	1	2	3	
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	198.70	256.20	211.00	
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	188.40	238.60	195.20	
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	10.30	17.60	15.80	
4	Peso del frasco	gr.	70.20	68.00	65.00	
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	118.20	170.60	130.20	
6	Contenido de humedad (3/5x100)	%	8.70	10.30	12.10	

Máxima Densidad seca : 2.08 gra/c.c

Óptimo contenido de humedad : % 10.30



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - AFIRMADO

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martin

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : AFIRMADO - ESCORIA

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rane Canchari Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.08 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 10.30 %

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11728.00		11931.00		12300.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7213.00		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4518.00		4718.00		4886.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENDIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.12		2.21		2.29	
% DE HUMEDAD		10.27		10.21		10.30	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	1.92		2.01		2.08	
TARA N°							
TARA + SUELO HUMEDO	gr	342.30		300.50		287.50	
TARA + SUELO SECO	gr	316.50		288.80		267.80	
AGUA	gr	25.80		20.70		19.90	
PESO DEL TARA	gr	65.40		88.00		74.40	
PESO DEL SUELO SECO	gr	251.10		202.80		193.20	
% DE HUMEDAD	%	10.27		10.21		10.30	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION	- CARGA	LECT.	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Pulgadas	STAND	mm	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
			kg/cm2	C.B.R.	kg/cm2	C.B.R.	kg/cm2	C.B.R.
0.025			7.00		18.71		38.71	
0.050			15.54		35.85		83.16	
0.075			25.85		49.97		98.50	
0.100	70		34.25	46.93	65.68	93.83	160.31	229.01
0.150			54.94		89.12		215.60	
0.200	105		62.35	59.38	113.32	107.92	302.64	288.23
0.300			82.54		176.30		450.86	
0.400								

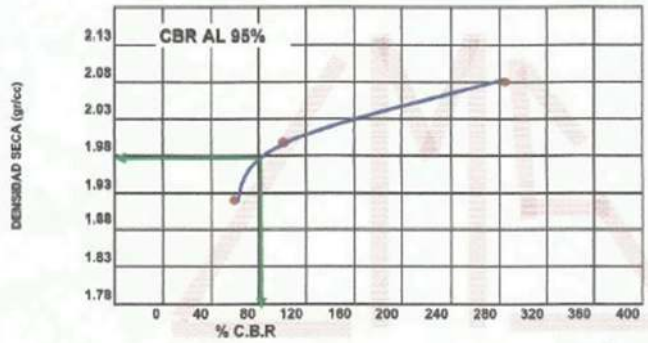
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

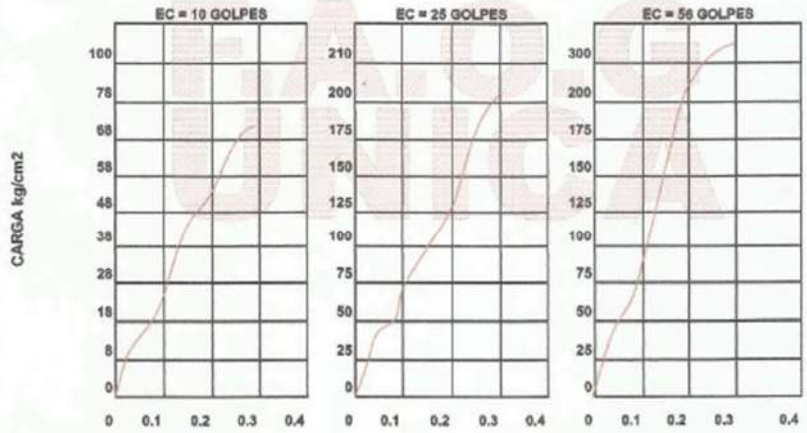
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.08
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.30
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	82.30
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	288.23





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Solicitado	:	Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín
Obra	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA
Ubicación	:	C.P. SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA
Material	:	AFIRMADO - ESCORIA
Cantera	:	
Fecha	:	ICA, ABRIL DEL 2019

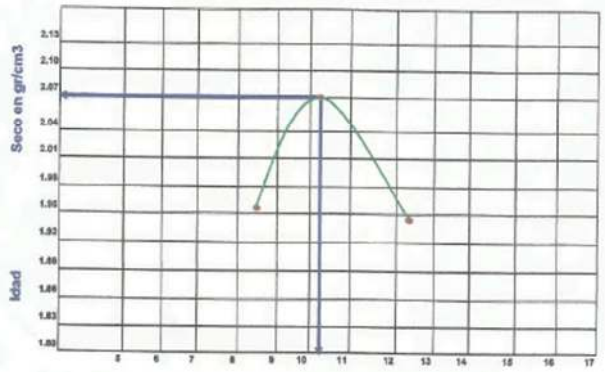
Volúmen del molde : 2100
Peso de Molde: 2915.00 gr.

	Prueba	N°	1	2	3	
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	11,004.00	11,329.00	11,125.00	
2	Peso del molde	gr.	6,546.00	6,546.00	6,546.00	
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,458.00	4,781.00	4,577.00	
4	Densidad húmeda	grs/c.c	2.12	2.28	2.18	
5	Densidad seca	grs/c.c	1.96	2.07	1.94	

	Frasco	No.	1	2	3
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	132.20	110.60	154.20
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	127.80	109.20	143.90
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	4.60	1.30	10.30
4	Peso del frasco	gr.	73.50	96.50	80.00
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	54.10	12.70	63.90
6	Contenido de humedad (3/5x100)	%	8.50	10.20	12.30

Máxima Densidad seca : 2.07 grs/c.c

Óptimo contenido de humedad : % 10.20



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - AFIRMADO

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martin

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : AFIRMADO - ESCORIA

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rene Cenchari Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.07 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 10.20 %

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11754.00		11947.00		12280.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7213.00		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4544.00		4734.00		4866.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.13		2.22		2.28	
% DE HUMEDAD		10.18		10.14		10.20	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	1.94		2.02		2.07	
TARA N°							
TARA + SUELO HUMEDO	gr	226.10		267.67		264.20	
TARA + SUELO SECO	gr	213.00		249.20		246.30	
AGUA	gr	13.10		18.47		17.90	
PESO DEL TARA	gr	84.00		67.00		70.80	
PESO DEL SUELO SECO	gr	129.00		182.20		175.50	
% DE HUMEDAD	%	10.16		10.14		10.20	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACIÓN Pulgadas	- CARGA STAND	LECT. mm	MOLDE N° 1 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 1 CORRECCION C.B.R.	MOLDE N° 2 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 2 CORRECCION C.B.R.	MOLDE N° 3 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 3 CORRECCION C.B.R.
0.025			10.26		20.99		41.39	
0.050			25.32		44.27		71.13	
0.075			37.83		65.98		84.64	
0.100	70		45.65	64.36	84.73	131.07	104.67	149.53
0.150			61.28		108.43		176.64	
0.200	105		88.19	76.37	136.40	131.81	214.68	204.43
0.300			110.81		174.10		304.57	
0.400								

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

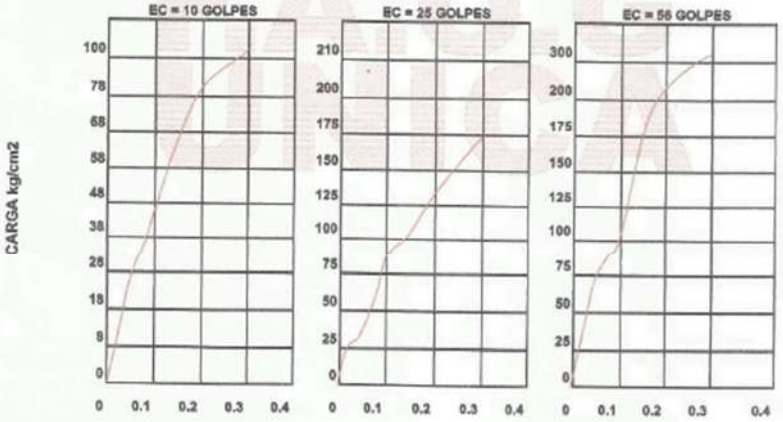
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.07
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.20
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	93.10
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	204.43



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Solicitado	:	Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín
Obra	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÈ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA
Ubicación	:	C.P. SAN JOSÈ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA
Material	:	AFIRMADO - ESCORIA
Cantera	:	
Fecha	:	ICA, ABRIL DEL 2019

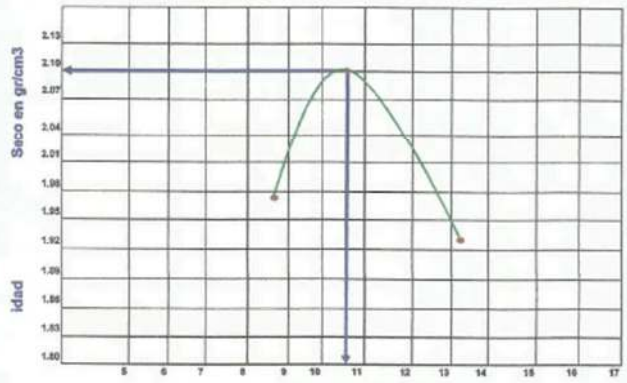
Volúmen del molde : 2100
Peso de Molde: 2815.00 gr.

	Prueba	N°	1	2	3	
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	11,054.00	11,430.00	11,145.00	
2	Peso del molde	gr.	6,548.00	6,548.00	6,548.00	
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,506.00	4,882.00	4,597.00	
4	Densidad húmeda	gr/c.c	2.15	2.32	2.19	
5	Densidad seca	gr/c.c	1.97	2.10	1.93	

	Frasco	No.	1	2	3	
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	164.00	150.10	174.90	
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	156.50	142.40	162.10	
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	7.50	7.70	12.80	
4	Peso del frasco	gr.	70.20	70.00	65.00	
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	86.30	72.40	97.10	
6	Contenido de humedad (3/5x100)	%	8.70	10.80	13.20	

Máxima Densidad seca : 2.10 grs/c.c

Óptimo contenido de humedad : % 10.60



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - AFIRMADO

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martin

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : AFIRMADO - ESCORIA

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rana Canchari Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.10 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 10.60 %

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11827.00		12098.00		12370.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7213.00		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4617.00		4885.00		4956.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENDIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.17		2.29		2.33	
% DE HUMEDAD		10.54		10.54		10.60	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	1.96		2.07		2.10	
TARA N°							
TARA + SUELO HUMEDO	gr	307.30		246.50		327.60	
TARA + SUELO SECO	gr	286.00		230.20		303.30	
AGUA	gr	21.30		16.30		24.30	
PESO DEL TARA	gr	84.00		75.50		74.00	
PESO DEL SUELO SECO	gr	202.00		154.70		229.30	
% DE HUMEDAD	%	10.54		10.54		10.60	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION	- CARGA	LECT.	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Pulgadas	STAND	mm	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
			kg/cm2	C.B.R.	kg/cm2	C.B.R.	kg/cm2	C.B.R.
0.025			7.24		20.48		40.48	
0.050			20.15		46.24		75.60	
0.075			30.50		61.34		98.46	
0.100	70		45.75	85.36	83.21	118.87	127.46	182.99
0.150			61.76		108.20		230.72	
0.200	105		85.98	81.89	147.79	140.78	345.16	328.96
0.300			100.27		197.66		501.23	
0.400								

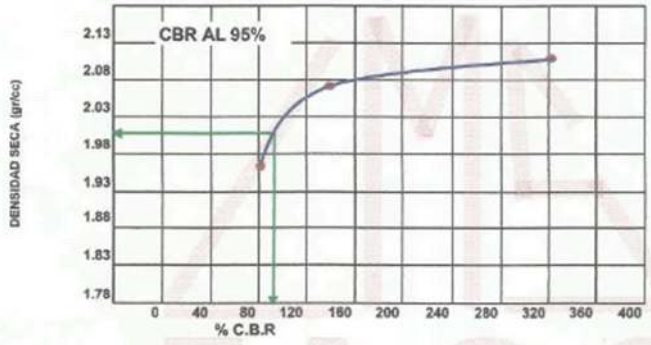
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Ing. FELIX R. CORTEGANO GRADOS
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

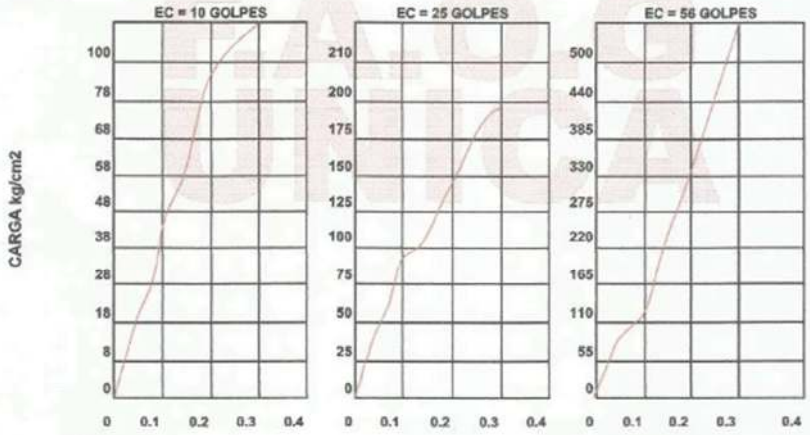
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.10
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.60
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	95.80
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	323.95





UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Ing. PEDRO A. CISNEROS GRADOS
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

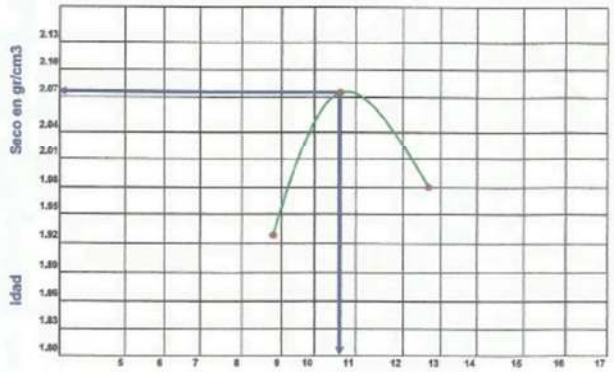
Solicitado	:	Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín
Obra	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA
Ubicación	:	C.P. SAN JOSE DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA
Material	:	AFIRMADO - ESCORIA
Cantera	:	
Fecha	:	ICA, ABRIL DEL 2019

Volúmen del molde : 2100
Peso de Molde: 2815.00 gr.

	Prueba	N°	1	2	3	
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10,958.00	11,383.00	11,232.00	
2	Peso del molde	gr.	6,548.00	6,548.00	6,548.00	
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,410.00	4,835.00	4,684.00	
4	Densidad húmeda	gr/c.c	2.10	2.30	2.23	
5	Densidad seca	gr/c.c	1.93	2.08	1.98	

	Fresco	No.	1	2	3	
1	Peso fresco + suelo húmedo	gr.	172.00	168.60	187.50	
2	Peso fresco+peso suelo seco	gr.	165.20	161.70	174.50	
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	6.80	6.90	13.00	
4	Peso del fresco	gr.	89.20	97.00	73.00	
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	76.00	64.70	101.50	
6	Contenido de humedad (3/5x100)	%	8.90	10.70	12.80	

Máxima Densidad seca : 2.08 grs/c.c
Óptimo contenido de humedad : % 10.70



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - AFIRMADO

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martin

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : AFIRMADO - ESCORIA

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rene Canchari Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.05 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 10.70 %

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11707.00		12001.00		12311.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7213.00		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4497.00		4788.00		4897.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.11		2.25		2.30	
% DE HUMEDAD		11.68		10.66		10.70	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	1.89		2.03		2.08	
TARA N°							
TARA + SUELO HUMEDO	gr	270.10		295.60		271.91	
TARA + SUELO SECO	gr	249.00		249.30		252.20	
AGUA	gr	21.10		19.30		19.71	
PESO DEL TARA	gr	68.40		68.20		68.00	
PESO DEL SUELO SECO	gr	180.60		181.00		184.20	
% DE HUMEDAD	%	11.68		10.66		10.70	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	- CARGA STAND	LECT. mm	MOLDE N° 1 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 1 CORRECCION C.B.R.	MOLDE N° 2 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 2 CORRECCION C.B.R.	MOLDE N° 3 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 3 CORRECCION C.B.R.
0.025			6.47		18.49		51.85	
0.050			15.25		34.07		68.45	
0.075			21.45		54.71		89.76	
0.100	70		35.14	50.20	64.67	92.39	112.01	159.87
0.150			53.19		89.44		160.38	
0.200	105		66.88	63.12	106.40	103.24	250.42	236.50
0.300			85.35		134.12		314.79	
0.400								

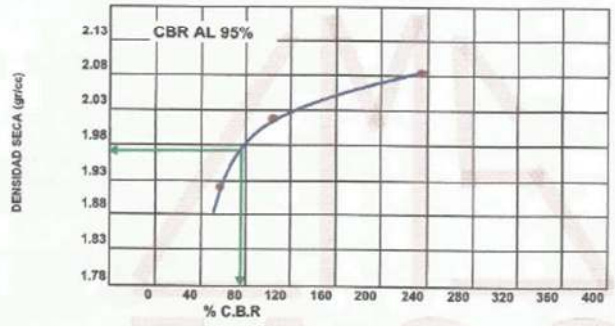
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

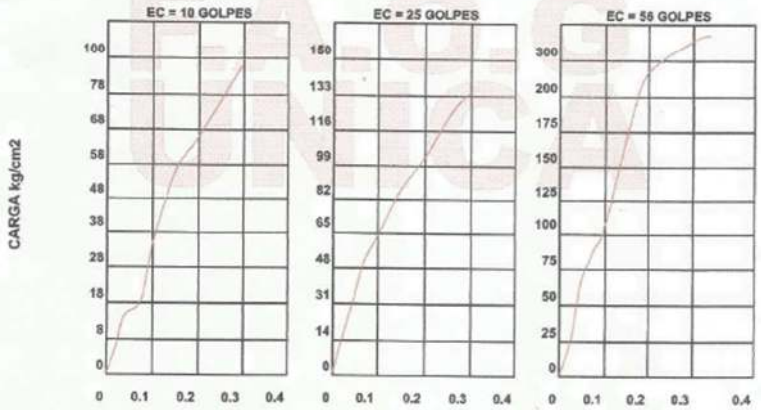
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.08
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.70
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	79.30
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	238.50





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Solicitado : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín

Obra : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación : C.P. SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA

Material : AFIRMADO - ESCORIA — Volúmen del molde : 2100

Cantera :

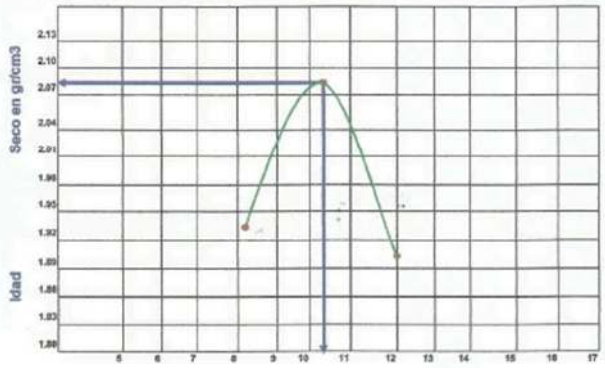
Fecha : ICA, ABRIL DEL 2019 — Peso de Molde: 2515.00 gr.

	Prueba	N°	1	2	3
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10,952.00	11,385.00	11,043.00
2	Peso del molde	gr.	6,548.00	6,548.00	6,548.00
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,404.00	4,837.00	4,495.00
4	Densidad húmeda	gr/c.c	2.10	2.30	2.14
5	Densidad seca	gr/c.c	1.94	2.09	1.91

	Frasco	No.	1	2	3
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	164.81	150.52	163.11
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	154.45	139.05	148.39
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	10.36	11.47	14.72
4	Peso del frasco	gr.	28.36	26.54	26.05
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	126.09	110.51	122.34
6	Contenido de humedad (3/5x100)	%	8.20	10.40	12.00

Máxima Densidad seca : 2.00 grs/c.c

Óptimo contenido de humedad : % 10.40



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - AFIRMADO

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martin

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : AFIRMADO - ESCORIA

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rene Canchari Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.09 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 10.40 %

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11788.00		12090.00		12330.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7213.00		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4555.00		4877.00		4916.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENDIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.14		2.29		2.31	
% DE HUMEDAD		10.26		10.32		10.40	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	1.94		2.07		2.09	
TARA N°		1		2		3	
TARA + SUELO HUMEDO	gr	405.10		380.20		455.20	
TARA + SUELO SECO	gr	375.40		352.60		420.70	
AGUA	gr	29.70		27.40		34.50	
PESO DEL TARA	gr	80.00		87.40		89.10	
PESO DEL SUELO SECO	gr	295.40		265.40		331.60	
% DE HUMEDAD	%	10.26		10.32		10.40	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION	- CARGA	LECT.	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
Pulgadas	STAND	mm	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
			kg/cm2	C.B.R.	kg/cm2	C.B.R.	kg/cm2	C.B.R.
0.025			9.96		18.44		35.60	
0.050			15.97		24.58		55.27	
0.075			18.85		46.74		98.23	
0.100	70		33.54	47.91	79.65	113.79	143.21	204.59
0.150			46.35		110.25		200.48	
0.200	105		66.45	66.19	155.70	148.34	345.68	329.32
0.300			96.35		201.13		456.82	
0.400								

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

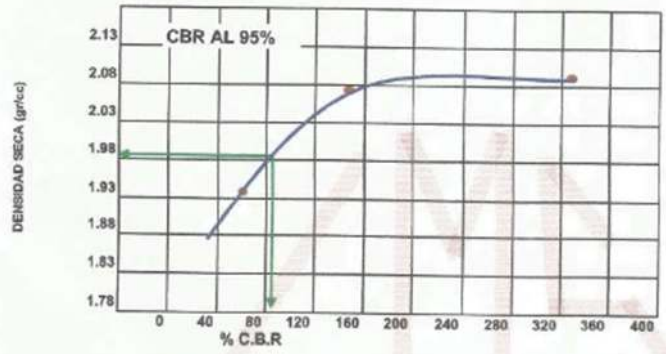
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

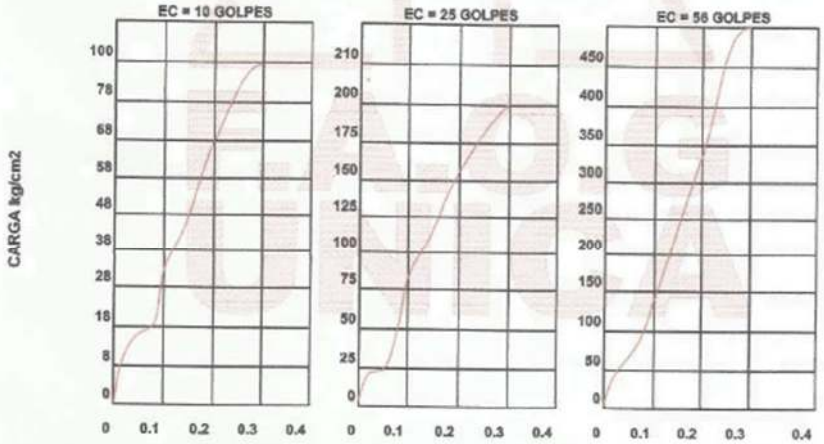
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.09
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.40
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	86.30
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	329.22





UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ING. FELIX A. ORTEGO GRACIOS
CENTRO DE PROYECCIÓN DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Solicitado	:	Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín
Obra	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA
Ubicación	:	C.P. SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA
Material	:	AFIRMADO - ESCORIA
Cantera	:	
Fecha	:	ICA, ABRIL DEL 2019

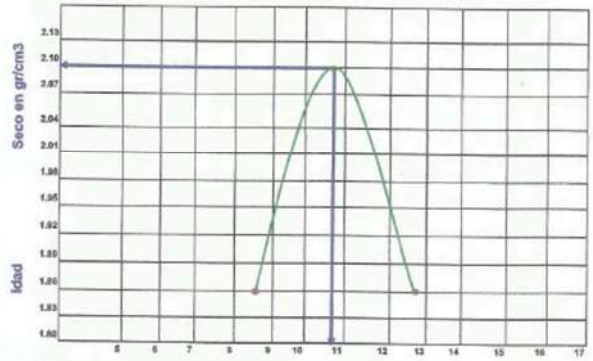
Volúmen del molde : 2100
Peso de Molde: 2815.00 gr.

	Prueba	N°	1	2	3
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10,788.00	11,431.00	10,958.00
2	Peso del molde	gr.	6,548.00	6,548.00	6,548.00
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,240.00	4,883.00	4,410.00
4	Densidad húmeda	gr/c.c	2.02	2.33	2.10
5	Densidad seca	gr/c.c	1.86	2.10	1.86

	Frasco	No.	1	2	3
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	134.70	165.70	169.70
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	129.90	156.80	160.30
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	4.80	8.90	9.40
4	Peso del frasco	gr.	74.00	95.00	87.00
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	55.90	63.80	73.30
6	Contenido de humedad (3/5x100)	%	8.60	10.80	12.80

Máxima Densidad seca : 2.10 grs/c.c

Óptimo contenido de humedad : % 10.80



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - AFIRMADO

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martin

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : AFIRMADO - ESCORIA

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rene Cancheri Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.10 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 10.80 %

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11855.00		12084.00		12390.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7213.00		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4645.00		4871.00		4966.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENSIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.18		2.29		2.33	
% DE HUMEDAD		10.76		10.72		10.80	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	1.97		2.06		2.10	
TARA N°							
TARA + SUELO HUMEDO	gr	362.32		366.20		304.50	
TARA + SUELO SECO	gr	334.50		339.90		282.40	
AGUA	gr	27.82		26.30		22.40	
PESO DEL TARA	gr	76.00		76.00		74.90	
PESO DEL SUELO SECO	gr	258.50		263.90		207.50	
% DE HUMEDAD	%	10.76		10.72		10.80	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND	LECT. mm	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
			CARGA kg/cm2	CORRECCION C.B.R.	CARGA kg/cm2	CORRECCION C.B.R.	CARGA kg/cm2	CORRECCION C.B.R.
0.025			8.69		20.04		45.36	
0.050			12.83		40.62		65.54	
0.075			21.97		54.98		75.68	
0.100	70		25.95	36.94	73.51	105.01	105.69	150.69
0.150			37.85		86.55		130.56	
0.200	105		45.56	43.39	135.85	148.14	248.69	226.76
0.300			70.15		203.50		351.30	
0.400								

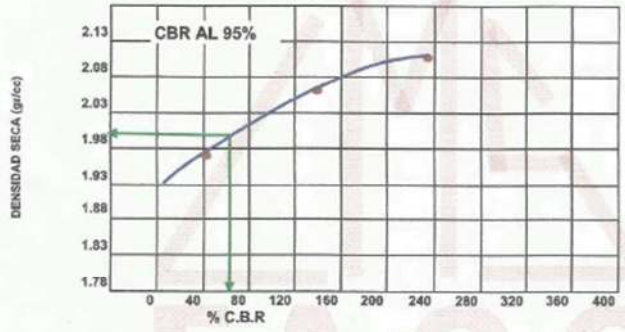
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ING. TELMA A. CACERES GRADOS
CENTRO DE PRODUCCIÓN DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS

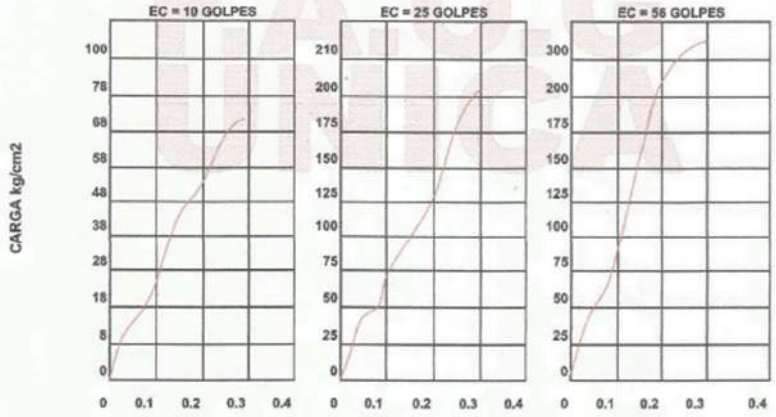
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.10
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.80
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	66.70
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	236.76





UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Ing. PEDRO QUISPE GRADOS
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Solicitado	:	Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín
Obra	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA
Ubicación	:	C.P. SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA
Material	:	AFIRMADO - ESCORIA
Cantera	:	
Fecha	:	ICA, ABRIL DEL 2019

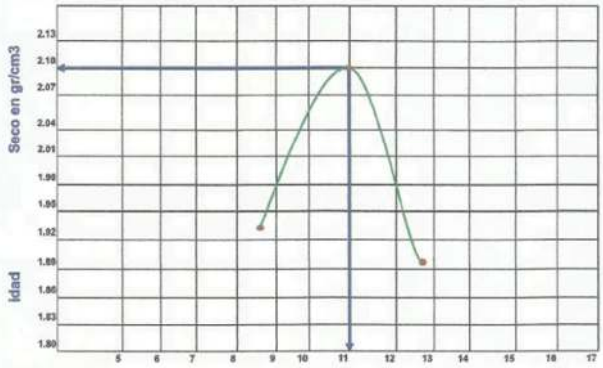
Volúmen del molde : 2100
Peso de Molde: 2815.00 gr.

	Prueba	N°	1	2	3	
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10,973.00	11,432.00	11,057.00	
2	Peso del molde	gr.	6,548.00	6,548.00	6,548.00	
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,425.00	4,884.00	4,509.00	
4	Densidad húmeda	gr/c.c	2.11	2.33	2.15	
5	Densidad seca	gr/c.c	1.94	2.10	1.90	

	Frasco	No.	1	2	3	
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	150.24	139.54	139.70	
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	145.45	134.40	132.47	
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	4.79	5.14	7.23	
4	Peso del frasco	gr.	90.30	87.60	75.80	
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	55.15	46.80	56.67	
6	Contenido de humedad(3/5x100)	%	8.70	11.00	12.80	

Máxima Densidad seca : 2.10 grs/c.c

Optimo contenido de humedad : % 11.00



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - AFIRMADO

Solicitado por: : **Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín**

Obra: : **EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA**

Ubicación: : **C.P SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA**

Material: : **AFIRMADO - ESCORIA**

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rene Cancheri Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: **2.10** gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: **11.00** %

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11877.00		12005.00		12377.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7213.00		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4667.00		4792.00		4963.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENDIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.19		2.25		2.33	
% DE HUMEDAD		10.79		10.82		11.00	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	1.98		2.03		2.10	
TARA N°							
TARA + SUELO HUMEDO	gr	442.20		421.50		395.20	
TARA + SUELO SECO	gr	408.10		388.70		365.80	
AGUA	gr	34.10		32.80		29.60	
PESO DEL TARA	gr	92.00		85.60		96.40	
PESO DEL SUELO SECO	gr	316.10		303.10		269.20	
% DE HUMEDAD	%	10.79		10.82		11.00	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND	LECT. mm	MOLDE N° 1 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 1 CORRECCION C.B.R.	MOLDE N° 2 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 2 CORRECCION C.B.R.	MOLDE N° 3 CARGA kg/cm2	MOLDE N° 3 CORRECCION C.B.R.
0.025			6.65		10.65		23.98	
0.050			15.65		21.78		45.38	
0.075			22.54		41.56		79.60	
0.100	70		30.15	43.07	65.25	93.21	120.14	171.63
0.150			42.86		85.74		185.97	
0.200	105		63.02	60.50	118.60	113.90	202.06	192.44
0.300			78.89		160.77		301.73	
0.400								

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

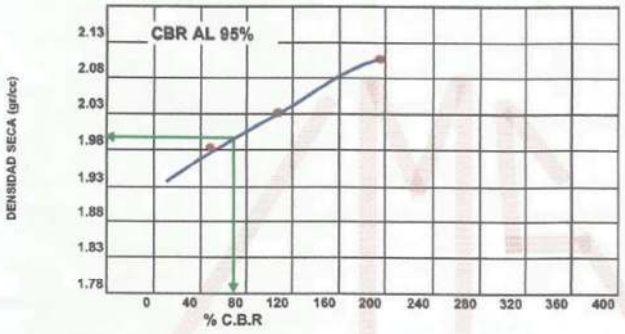
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.10
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.00
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	75.80
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	192.44



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Telf. 620115 Ica - Perú

ENSAYO DE COMPACTACIÓN
(Proctor Modificado)
(NORMA : ASTM - D 1557 Y AASHTO - T 180)

Solicitado	:	Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín
Obra	:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA
Ubicación	:	C.P. SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA - ICA
Material	:	AFIRMADO - ESCORIA
Cantera	:	
Fecha	:	ICA, ABRIL DEL 2019

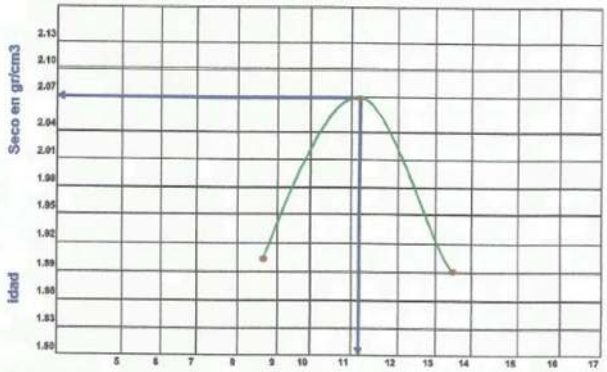
Volúmen del molde : 2100
Peso de Molde: 2815.00 gr.

	Prueba	N°	1	2	3
1	Peso molde + Suelo compactado	gr.	10,885.00	11,385.00	11,043.00
2	Peso del molde	gr.	6,548.00	6,548.00	6,548.00
3	Peso del suelo compactado	gr.	4,337.00	4,837.00	4,495.00
4	Densidad húmeda	gr/c.c	2.07	2.30	2.14
5	Densidad seca	gr/c.c	1.99	2.07	1.89

	Frasco	No.	1	2	3
1	Peso frasco + suelo húmedo	gr.	120.25	110.84	135.94
2	Peso frasco+peso suelo seco	gr.	117.52	108.50	131.47
3	Peso agua contenido (1 - 2)	gr.	2.73	2.34	4.47
4	Peso del frasco	gr.	86.50	87.60	98.40
5	Peso del suelo seco (2 - 4)	gr.	31.02	20.90	33.07
6	Contenido de humedad (3/5x100)	%	8.80	11.20	13.50

Máxima Densidad seca : 2.07 grs/c.c

Óptimo contenido de humedad : % 11.20



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
"LABORATORIO MECANICA DE SUELOS"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

ENSAYO DE C.B.R. - AFIRMADO

Solicitado por: : Bach. MENDOZA VERGARA, Pedro Martín

Obra: : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Ubicación: : C.P SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

Material: : AFIRMADO - ESCORIA

Cantera:

Técnico Operador: Ing. Rene Canchari Vega

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.07 gr/cm3
HUMEDAD OPTIMA: 11.20 %

MOLDE N°		1		2		3	
CAPAS N°		5		5		5	
GOLPES POR CAPA N°		10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA		SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO		11795.00		12049.00		12314.00	
PESO DEL MOLDE	gr	7210.00		7213.00		7414.00	
PESO DE SUELO HUMEDO	gr	4585.00		4836.00		4900.00	
VOLUMEN DEL SUELO	c.c.	2130.96		2130.96		2130.96	
DENDIDAD HUMEDAD	gr/c.c.	2.15		2.27		2.30	
% DE HUMEDAD		11.13		11.03		11.20	
DENSIDAD SECA	gr/c.c.	1.94		2.04		2.07	
TARA N°		1					
TARA + SUELO HUMEDO	gr	377.50		354.60		387.60	
TARA + SUELO SECO	gr	349.20		327.00		357.00	
AGUA	gr	28.30		27.60		30.60	
PESO DEL TARA	gr	95.00		75.00		83.50	
PESO DEL SUELO SECO	gr	254.20		252.00		273.50	
% DE HUMEDAD	%	11.13		11.03		11.20	

EXPANSION

FECHA - HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION

PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	- CARGA STAND	LECT. mm	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3	
			CARGA kg/cm2	CORRECCION C.B.R.	CARGA kg/cm2	CORRECCION C.B.R.	CARGA kg/cm2	CORRECCION C.B.R.
0.025			7.45		13.35		40.84	
0.050			15.80		25.98		65.97	
0.075			27.90		52.68		110.54	
0.100	70		39.60	56.57	87.60	125.14	153.33	219.03
0.150			55.57		116.48		216.67	
0.200	105		65.35	62.24	144.33	137.46	384.23	289.75
0.300			86.20		181.51		500.25	
0.400								

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

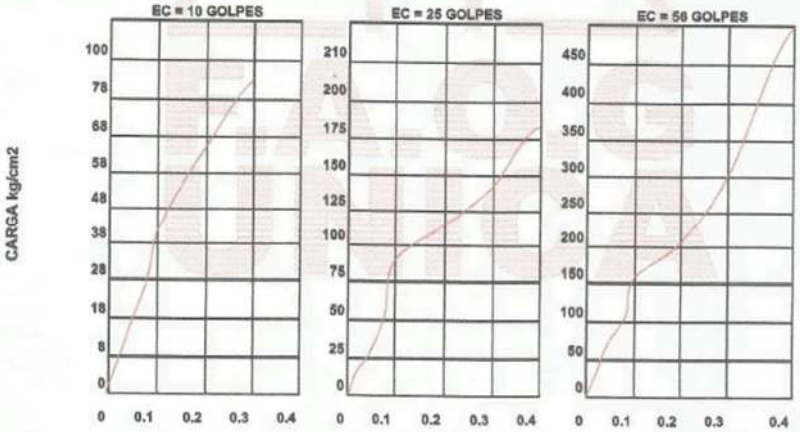
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 - Telef. 218928

GRAFICOS C.B.R - AFIRMADO

METODO DE COMPACTACION

MAXIMA DENSIDAD SECA	2.07
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.20
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	79.50
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	289.75



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

	EMSGEO S.A.C.		
EMSGEO SAC	ENSAYOS DE LABORATORIO		CODIGO
	DENSIDAD DE CAMPO METODO DE CONO DE ARENA		CERT-309-19
	REVISIÓN	VERSIÓN	PAGINA
	v 1.0	v 1.0	Pagina 1 de 1

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO METODO DE CONO DE ARENA

SOLICITA	: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE
OBRA	: EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA
UBICACIÓN	: DISTRITO DE OCUCAJE - PROVINCIA DE ICA - DEPARTAMENTO DE ICA
FECHA	06/03/2019

CAPA O ESTRUCTURA : PAVIMENTO FLEXIBLE - SUBRASANTE

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D-1556						
TRAMO CONTROLADO						
		P-1				
NIVEL						
Espesor capa compactada cm.		10				
1. Peso del suelo + frasco	grs	4450				
2. Peso plastico	grs	10				
3. Peso neto suelo + grava	grs	4440				
4. Peso de la arena + frasco	grs	7010				
5. Peso de arena que queda+frasco+arena de embudo	grs	2410				
		845				
6. Peso Neto Arena empleada	gr/cc	3755				
7. Densidad de arena tipo	cc	1.41				
8. Volumen del hueco	grs	2663.12				
9. Peso de grava seca al aire	grs/cc	655.0				
10. Volumen de grava por desplazamiento	grs	248.9				
11. Peso del suelo	grs/cc	3785				
12. Volumen del suelo	grs/cc	2414.22				
13. Densidad del suelo húmedo	%	1.5678				
14. Humedad contenida del suelo	%	4.26				
15. Dens. Del suelo seco	grs/cc	**1.50**				
16. Max dens determinada en curva	%	-				
17. Porcentaje de compactacion (ALCANZADO)	grs/cc	-				
LADOS						

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D4944					
CONTENIDO DE HUMEDAD	E-1				
1. Peso del suelo húmedo+recip.	71.41				
2. Peso del suelo seco + el recip.	69.39				
3. Peso del agua	2.02				
4. Peso del recipiente	21.96				
5. Peso del suelo seco	47.43				
6. Humedad	4.26				

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNICO DE SUELOS S.A.C.
Daniel Cuevas Serna
CIP 117283 - GERENTE
ESP. MECANICA DE SUELOS Y ANALISIS SISMICOS DE SUELOS

SOLICITADO POR : BACH. MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN

TESIS : "EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO 'SAN JOSÉ DE PINILLA' (CENTRO) OCUCAJE - ICA"

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO 'SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

CANTERA : CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A

MUESTRA : ECOGRAVILLA FINA

FECHA : ICA, 08 DE JULIO DE 2019

PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO FINO (gr./cc.)

Muestra	ECOGRAVILLA FINA		
N° de Picnómetro	1		2
Peso de Picnómetro	153.50		155.10
Peso Agregado Fino Seco	100.00		100.00
Peso + Picno. + Agua	649.30		651.20
Peso + Picno. + Fino	681.20		683.80
Volumen	31.90		32.60

Peso específico: **3.10 gr/cm^3**

Muestra	ECOGRAVILLA FINA		
N° de Tara	10		Y -1
Tara + Agregado SSS	466.80		463.50
Tara + Agregado Seco	462.10		459.20
Tara	43.10		38.70
Peso de Agregado Seco	419.00		420.50
Peso del Agua	4.70		4.30
%Absorción	1.12		1.02

%Absorción del Ag. Fino **1.07%**

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

SOLICITADO POR : BACH. MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN

TESIS : "EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO 'SAN JOSÉ DE PINILLA' (CENTRO) OCUCAJE - ICA"

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO 'SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA

CANTERA : CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A

MUESTRA : ECOGRAVILLA GRUESA

FECHA : ICA, 08 DE JULIO DE 2019

PESO ESPECÍFICO DE AGREGADO GRUESO (gr./cc.)

Muestra	ECOGRAVILLA GRUESA		
N° de Tara	8		Y -1
Peso Saturado	507.90		460.80
Peso Sumergido al Agua	332.20		289.90
Peso Seco (Horno)	490.20		446.20
Volumen (Muestra)	175.70		170.90
Peso Espec. del Agregado	2.79		2.61

Peso específico: **2.63 gr/cm^3**

Muestra	ECOGRAVILLA GRUESA		
N° de Tara	8		Y -1
Tara + Agregado SSS	507.90		460.80
Tara + Agregado Seco	490.20		446.20
Peso del Agua	17.70		14.60
%Absorción	3.61		3.27

%Absorción del Ag. Grueso **3.44%**

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESTUDIO DE TRÁFICO

Según la norma CE.010 PAVIMENTOS URBANOS del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, especifica el estudio de tráfico para zonas urbanas. La zona de 'San José de Pinilla' actualmente es una vía colectora con tráfico medio, y los pocos que circulan corresponden a colectivos, micros, mototaxis, taxis, motos, etc; cómo también se dio vista a camiones. Es por ello que en la presente tesis consideramos como tráfico Ligero y Medio, según el reglamento considera lo siguiente:

Determinación del número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente, evaluado durante el período de diseño de proyecto.

TIPO DE TRÁFICO	NÚMERO DE APLICACIONES
LIGERO	ESALs < $1x10^4$
MEDIO	$1x10^4$ < ESALs <$1x10^6$
ALTO	ESALs >$1x10^6$

Tabla 32: Número De Aplicaciones – Estudio De Tráfico
Fuente: Norma Ce.010 Pavimentos Urbanos – Elaboración Propia

Con el fin de clasificar a los vehículos que circulan en la zona, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), establece la directiva No. 0022006-MTC/1 de Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares, dentro de los cuales se encuentra la clasificación de los vehículos según sus características geométricas. Otra norma utilizada es el Reglamento Nacional de Vehículos (Decreto Supremo Nº 058-2003MTC), en la cual se encuentra la tabla de Pesos y Medidas de los vehículos, según su clasificación y características geométricas.

CATEGORÍA L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.	
L1:	Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm3 y velocidad máxima de 50 km/h.
L2:	Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm3 y velocidad máxima de 50 km/h.
L3:	Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm3 ó velocidad mayor a 50 km/h.
L4:	Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm3 ó una velocidad mayor de 50 km/h

L5:	Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm3 ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no excedan de una tonelada.

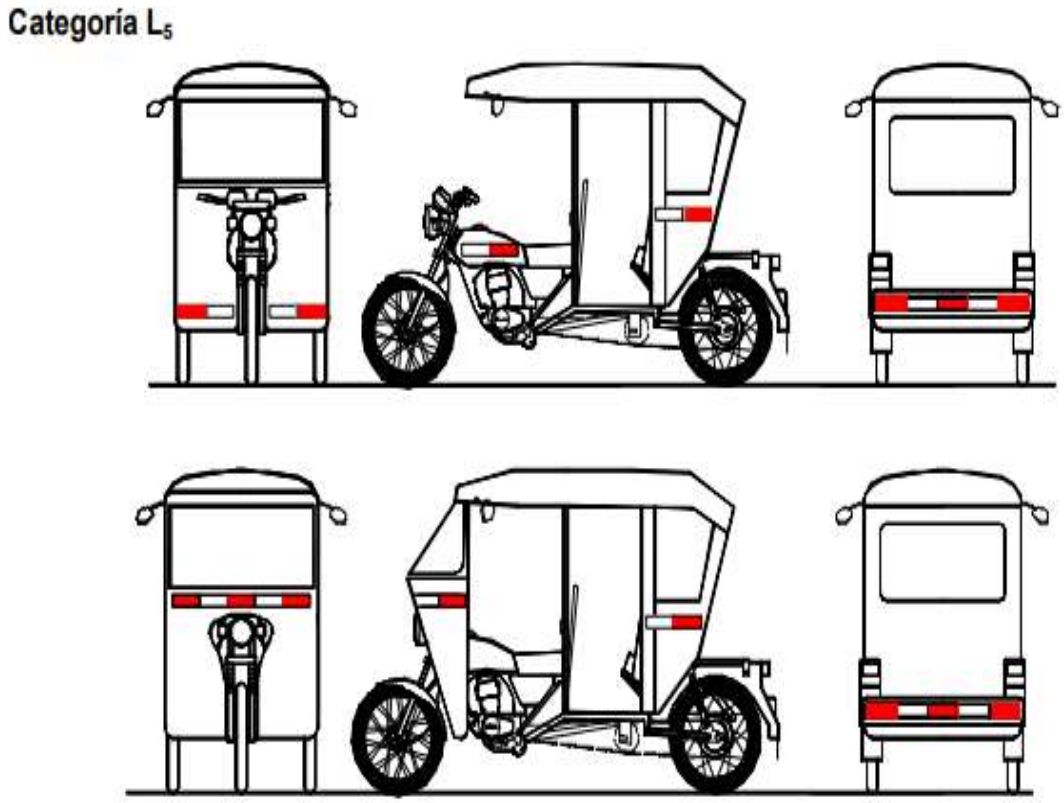


Figura 44: Vehículo De Categoria L5
Fuente: Reglamento Nacional De Vehículos 2003

CATEGORÍA N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.	
N1:	Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos
N2:	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.
N3:	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

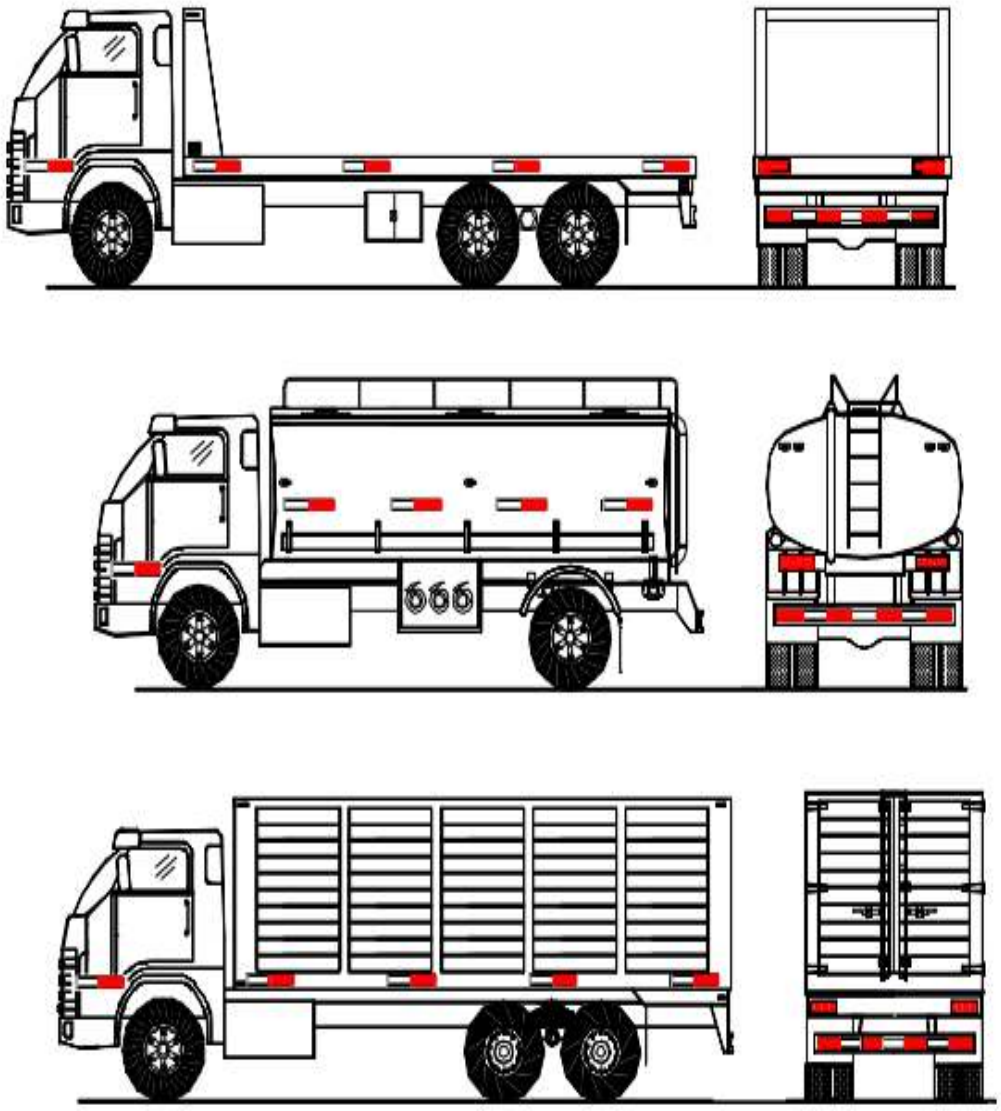


Figura 45: Vehículo De Categoria N
Fuente: Reglamento Nacional De Vehículos 2003

CATEGORÍA M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.	
M1:	Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
M2:	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
M3:	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

NOTA:

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

- **Clase I**: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos
- **Clase II**: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
- **Clase III**: Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados**.**

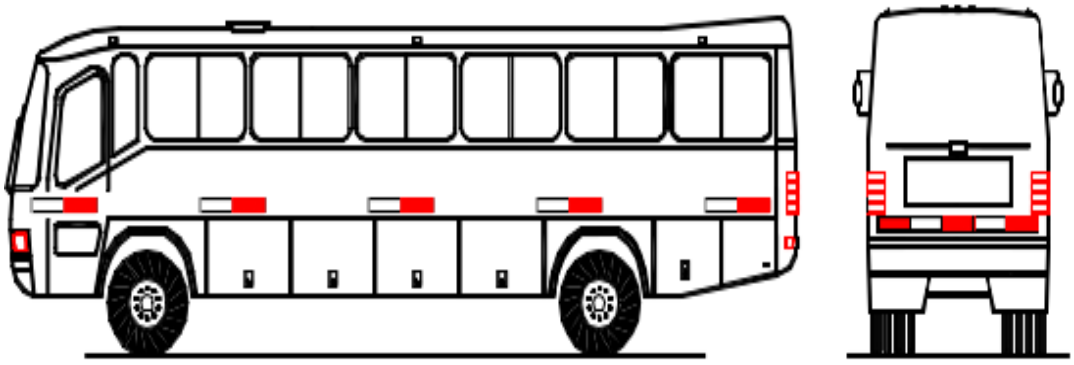


Figura 46: Vehículo De Categoria M2 Y M3
Fuente: Reglamento Nacional De Vehículos 2003

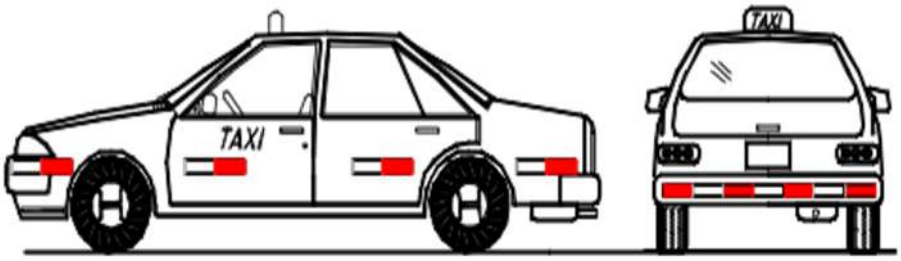


Figura 47: Vehiculo De Categoria M1
Fuente: Reglamento Nacional De Vehículos 2003

CATEGORÍA O: Remolques (incluidos semirremolques).	
O1:	Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos
O2:	Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5toneladas.
O3:	Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10toneladas.
O4:	Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

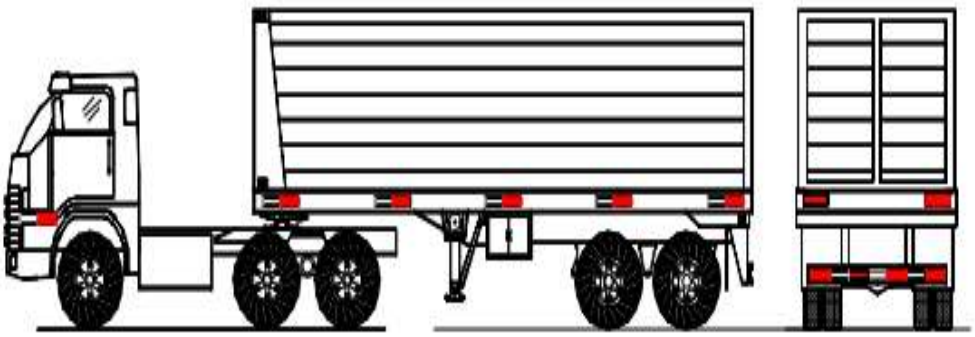


Figura 48: Vehículo De Categoria O
Fuente: Reglamento Nacional De Vehículos 2003

Por tanto, cabe indicar que la zona de "San José de Pinilla" pertenece a un TIPO DE VIA COLETCTORA, de acuerdo a los conceptos de las normas ya indicadas.

- **VOLUMEN DE TRÁFICO:**

El Centro Poblado San José de Pinilla, posee un escaso tránsito vehicular, por lo que consideramos para el conteo una estación de la Calle Principal del Caserío, se ha podido observar vehículos como camionetas, camiones llevando materiales de construcción, volquetes de 2 a 3 ejes, motos lineales, taxis, colectivos, etc. La mayoría del conteo estableció vehículos de tipo C-2.

Según el Ministerio de Transportes define al Índice Medio Diario del Tránsito cómo:

$$IMD_s = \sum \frac{V_i}{7} \ (Semanal)$$

$$IMD_a = IMD_s \ x \ Factor \ de \ Corrección$$

FACTOR DE CORRECCIÓN:

El factor de corrección estacional, se determina a partir de una serie anual de tráfico registrada por una unidad de Peaje, con la finalidad de hacer una corrección para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tráfico por causa de las variaciones estaciónales debido a factores recreacionales, climatológicas, las épocas de cosechas, las festividades, las vacaciones escolares, viajes diversos, etc.; que se producen durante el año.[37]

Por lo tanto, consideraremos por falta de datos estadísticos en la zona de Ocucaje, la Estación de ICA; según la INEI en el año 2017 especifica el tránsito en las siguientes tablas:

[37] El Estudio de Tráfico de la carretera "Alfamayo-Quillabamba", se ubica geográficamente en la Región de Cusco - Provincia de La Convención

RESUMEN DE ESTUDIO DE TRÁFICO

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO)

SENTIDO: AMBOS SENTIDO **FECHA:** 12-19 de Diciembre

DÍAS	VEHÍCULOS						VOLUMEN TOTAL
	VEHÍCULOS LIGEROS			VEHÍCULOS PESADOS			
	AU	PU y PL	ML y MT	CAMION 3E	BUS	CAMION 2E	
12 de Dic	21	9	3	16	4	10	47
13 de Dic	34	12	10	17	4	8	68
14 de Dic	27	7	6	21	7	10	57
15 de Dic	24	8	4	14	2	9	47
16 de Dic	25	11	8	15	6	10	60
17 de Dic	24	9	2	17	1	7	43
18 de Dic	20	9	5	15	5	8	47
19 de Dic	19	12	9	22	3	8	51
TOTAL	194	77	47	137	32	70	420
%	46.19	18.33	11.19	24.60	7.62	16.67	100
IMD	**28**	**11**	**7**	**20**	**5**	**10**	**60**

PU Y PL: Pick Up y Panel, ML Y MT: Moto Lineal y MotoTaxis, AU: Autos

UNIDAD DE PEAJE	TOTAL DE VEHÍCULOS			
	LIGEROS	IMD	PESADOS	IMD
	AÑO 2017			
ICA	2’685,639	7358	2’675,741	7331
	DICIEMBRE 2017			
ICA	260,166	8393	249,477	8048

$$F.C_{Vehículos\ Ligeros} = \frac{IMD_{anual}}{IMD_{mes\ de\ estudio}} \rightarrow 0.8767$$

$$F.C_{Vehículos\ Pesados} = \frac{IMD_{anual}}{IMD_{mes\ de\ estudio}} \rightarrow 0.9109$$

DÍAS	VEH. LIGEROS	VEH. PESADOS	VOLUMEN
12 de Dic	33	30	63
13 de Dic	56	29	85
14 de Dic	40	38	78
15 de Dic	36	25	61
16 de Dic	44	31	75
17 de Dic	35	25	60
18 de Dic	34	28	62
19 de Dic	40	33	73
TOTAL	318	239	557
%	57.09	42.91	100
IMD	**45**	**34**	**80**
IMD x F.C	**40**	**31**	**71**

- **PROYECCIÓN DEL TRÁFICO:**

El tráfico por proyectarse está compuesto por el mismo tráfico actual y un porcentaje de crecimiento que va en función del crecimiento poblacional, según la INEI considera que en Ocucaje posee una tasa de Crecimiento de 1.30% intercensal en ICA es de 1.10% y la Tasa de Crecimiento departamental del PBI es 3.80% Anual.

- **Tráfico Normal:**

La proyección del tránsito de los vehículos del área de influencia tiene definidos los horizontes de planeamiento en un periodo determinado de años y expresado en términos de Índice Medio Diario (IMD). Las proyecciones se realizan tomando como referencia el tráfico base de los vehículos de pasajeros (vehículos ligeros), considerando la Tasa Promedio de Crecimiento de la Población del área de influencia directa del proyecto, que es de 1.30% promedio anual para el horizonte del proyecto (OCUCAJE). Para los vehículos de carga pesada, se ha estimado en función de comportamiento de la actividad económica, de acuerdo con la INEI pertenece a 3.80%

TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHÍCULOS	IMDA	% CR.	INCREMENTO	IMDA PROYECTADO
AUTOS	28	25	1.30	1	26
PICK UP Y PANEL	11	10	1.30	0	11
MOTO LINEAL Y MOTOTAXIS	7	7	1.30	0	7
VEHICULOS PESADOS	35	32	3.80	6	38
TOTAL	81	74		7	81

El horizonte de planeamiento para este proyecto según la función que cumple en la Clasificación de la Red Vial del Perú es de 10 años

TIPO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
AU	**26**	26	27	27	27	28	28	28	29	29	30
PU, PL	**11**	11	11	11	12	12	12	12	12	12	13
ML Y MT	**7**	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8
PES.	**38**	39	41	42	44	46	48	49	51	53	55
TOTAL	**81**	**83**	**86**	**87**	**90**	**93**	**96**	**97**	**100**	**102**	**106**

- **Tráfico Inducido o Generado:**

La Proyección del Tráfico Generado, es una estimación en porcentaje del Tráfico Normal, basada en que la ejecución de un proyecto genera impacto en la actividad económica e impulsa a la población a incrementar sus áreas de cultivos disponibles y otras actividades comerciales. Permitiéndole mejorar su situación socioeconómica. Para ello primero hay que establecer el horizonte de evaluación del proyecto. El Sistema Nacional de InversionesPúblicas establece un periodo mínimo de 10 años. Por lo tanto, el tráfico generado o inducido corresponde a aquel que no existe en la situación sin proyecto, pero que aparecerá como consecuencia de una mejor infraestructura, lo cual se asumirá como un 10% del tráfico normal (Para vehículos

ligeros) y se asume el 10% del IMDa (considerado de la diferencia con el volumen total actual) para Vehículos Pesados.

TIPO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
AU	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PU, PL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ML Y MT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PES.	30	31	32	34	35	36	38	39	40	42	44
TOTAL	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	50

Se tiene finalmente el estudio de tráfico final:

PROYECCIÓN DE TRÁFICO TOTAL EN SAN JOSÉ DE PINIILA

TIPO	2018	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
NORMAL	81	83	86	87	90	93	96	97	100	102	106
GENERADO	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	50
IMD TOTAL	117	120	124	127	131	135	140	142	146	150	156

- **CÁLCULO DE ESAL – EJES EQUIVALENTES**

El Estudio de Tráfico es uno de los factores más importantes para el diseño de Pavimentos, en el cual se manifiesta en función del ESAL (Equivalent Single Axle Load) como una de las variables indispensables para el Diseño de Pavimentos AASHTO 93 cómo también el Instituto de Asfalto. Definido por:

- Índice Medio Diario Anual (IMDA):

$$\boldsymbol{V_{anual} = IMD_{por\ tipo}\ x\ 365\ veh/año}$$

Factor Camión para cada clasificación vehicular:

$$\boldsymbol{F.C = \left(\frac{P_{eje}}{P_{Equivalente}}\right)^4}$$

Dónde:

F.C = Factor Camión

P_{eje} = Carga por eje de vehículo

$P_{equivalente}$ = Carga Equivalente respectivo al tipo de eje.

- Factor de Crecimiento:

Se recomiendan el uso de tráfico durante todo el periodo de diseño para determinar el factor total de crecimiento, según la expresión:

$$r' = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r}\right]$$

Dónde:

r = Tasa de Crecimiento n = Periodo de Diseño (20 años)

- Cálculo de ESAL:

$$W'_{18} = ESAL = F.C\ x\ V_{anual}$$

ESTUDIO DE TRÁFICO EN OCUCAJE:

- **Índice Medio Diario Anual:**

$$\boldsymbol{V_{anual} = IMD_{Tipo\ de\ Vehículo}\ x\ 365\ \frac{veh}{año}}$$

CUADRO DE CONTEO 'IDM' POR CLASIFICACIÓN VEHICULAR:

A2		L5	C3	B2	C2
LIVIANO			PESADO		
AUTOS	CAMIONETAS	MOTOS	CAMION (3E)	MICROS (2E)	CAMIÓN (2E)
28	11	7	20	5	10

Horario de Conteo de Vehículos (8 am – 2 pm)

De acuerdo con el Manual de Carreteras, se tiene las cargas equivalentes:

- **Tasa de Crecimiento Anual:**

$$r' = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r}\right]$$

El Factor de Crecimiento (r'), según la INEI en la actualidad posee factor de crecimiento del departamento de Ica de, vehículos ligeros (4.2%) y vehículos pesados (3.9%). Consideraremos la tasa de vehículos pesados al 3.9%

$$r' = \left[\frac{(1+0.039)^{20}-1}{0.039}\right] \rightarrow 29.471\ (Vehículos\ Pesados)$$

$$r' = \left[\frac{(1+0.042)^{20}-1}{0.042}\right] \rightarrow 30.404\ (Vehículos\ Ligeros)$$

- **Factor Direccional (Fd):** Es el factor total del flujo vehicular contado, en la mayoría de los casos este valor llega a ser 50% debido a que existen 2 tipos de carriles, los cuales la mitad va para cada una de estos.

Número de carriles en ambas direcciones	Factor Direccional
2	50
4	45
6 o más	40

Tabla 33: Factor De Distribución Por Dirección
Fuente: Guía AASHTO 93

- **Factor Lineal de Tráfico (Fc):**

También llamado factor de distribución de tránsito por carril. Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL. Para un camino de dos carriles, una de ellas es el de diseño. Para caminos de varios carriles, se toma el carril de mayor circulación.

Número de carriles en una sola dirección	Factor Lineal
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Tabla 34: Factor De Distribución Por Carril
Fuente: Guía Aashto 93

- **Factor de Corrección por Presión de Inflado (Fp):**

El Ingeniero de Pavimentos, encargado del diseño de este; tomará en cuenta un ajuste o corrección del cálculo del ESAL mediante un factor de corrección por la presión ejercida de los neumáticos inflados de tal manera que se pueda computar el efecto adicional de deterioro sobre el pavimento flexible o semirrígido, por lo tanto, según el Manual de Carreteras se considera que para pavimentos flexibles el valor es de 1.10 y para pavimentos rígidos es de 1.00

$$N_{rep} de\ EE_{8.2\ ton} = \sum [EE_{día-carril}\ x\ Fca\ x\ 365]$$

$$EE_{día-carril} = IMD_{p_i}\ x\ Fd\ x\ Fc\ x\ Fvp_i\ x\ Fp_i$$

- **Factor Camión por Vehículo:**

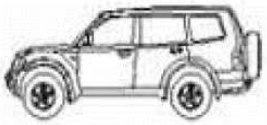
De acuerdo con el conteo realizado, se obtuvieron los siguientes factores a los tipos de vehículo:

FACTOR VEHICULO MOTOTAXI			
El peso bruto máximo de una Mototaxi es de 1 Ton.			
Configuración Vehicular	**Descripción Grafica de los Vehículos**		**Long. Máxima (m)**
L5			3.00
	EEs1= [P/6.6]^4.0	**EEs1= [P/6.6]^4.0**	
Ejes	**E1**	**E1**	
Carga Según Censo de Carga (ton)	0.07	0.13	
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Simple	**Total, Factor Vehículo Mototaxi**
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Simple	
Peso	0.07	0.13	**0.000000**
Factor E.E.	**0.000000**	**0.000000**	

NOTA: Para el cálculo del Fvp, para el vehículo tipo L5, se considerará "0.00000"; por lo que no será empleado para hallar el ESAL, por lo que es despreciable.

FACTOR VEHICULO AUTO									
El peso total de la Auto es de 2 ton.									
Configuracion Vehicular	Descripcion Grafica de los Vehiculos							Long. Maxima (m)	
M1								5.30	
	EEs1= [P/6.6]^4.0	EEs1= [P/6.6]^4.0							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (ton)	1	1	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Carga Según Censo de Carga (ton)	1	1	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Simple	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Simple	----------	----------	----------	----------	----------	----------	Total Factor Vehiculo Auto
Peso	1	1	----------	----------	----------	----------	----------	----------	0.0011
Factor E.E.	0.0005	0.0005	----------	----------	----------	----------	----------	----------	

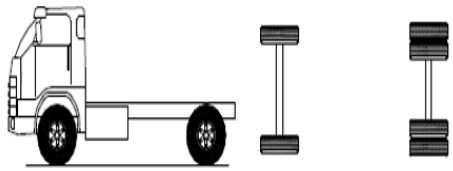
FACTOR VEHÍCULO – AUTO M1: 0.0011

FACTOR VEHICULO PICK UP									
El peso total de la Pick Up es de 4.00 ton.									
Configuracion Vehicular	Descripcion Grafica de los Vehiculos							Long. Maxima (m)	
N2								5.50	
	EEs1= [P/6.6]^4.0	EEs1= [P/6.6]^4.0							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (ton)	2	2	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Carga Según Censo de Carga (ton)	2	2	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Simple	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Simple	----------	----------	----------	----------	----------	----------	Total Factor Vehiculo Pick Up
Peso	2	2	----------	----------	----------	----------	----------	----------	0.0169
Factor E.E.	0.008432	0.008432	----------	----------	----------	----------	----------	----------	

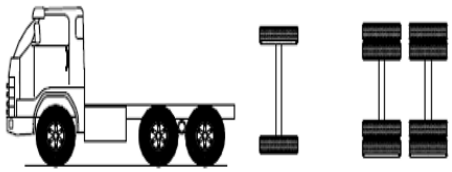
FACTOR VEHÍCULO – AUTO N2: 0.0169

FACTOR VEHICULO BUS B2									
El peso total del Bus B2 es de 18 ton.									
Configuracion Vehicular	Descripcion Grafica de los Vehiculos							Long. Maxima (m)	
B2								13.20	
	EEs1= [P/6.6]^4.0	EEs2= [P/8.2]^4.0							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (ton)	7	11	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Carga Según Censo de Carga (ton)	7	11	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Simple	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	----------	----------	----------	----------	----------	----------	Total Factor Vehiculo B2
Peso	7	11	----------	----------	----------	----------	----------	----------	4.5037
Factor E.E.	1.265	3.238	----------	----------	----------	----------	----------	----------	

FACTOR VEHÍCULO – AUTO B2: 4.5037

FACTOR VEHICULO CAMION C2									
El peso total del Camion C2 es de 18 ton.									
Configuracion Vehicular	Descripcion Grafica de los Vehiculos							Long. Maxima (m)	
C2								12.30	
	EEs1= [P/6.6]^4.0	EEta= [P/8.2]^4.0							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo	7	11	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Carga Según Censo de Carga (ton)	7	11	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Simple	----------	----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	----------	----------	----------	----------	----------	----------	Total Factor Camion C2
Peso	7	11	----------	----------	----------	----------	----------	----------	4.5037
Factor E.E.	1.265	3.238	----------	----------	----------	----------	----------	----------	

FACTOR VEHÍCULO – AUTO C2: 4.5037

FACTOR VEHICULO CAMION C3									
El peso total del Camion C3 es de 25 ton.									
Configuracion Vehicular	Descripcion Grafica de los Vehiculos							Long. Maxima (m)	
C3								13.20	
	EEs1= [P/6.6]^4.0	EEta2= [P/15.1]^4.0							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (ton)	7	9	9	----------	----------	----------	----------	----------	
Carga Según Censo de Carga (ton)	7	18		----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem		----------	----------	----------	----------	----------	
Tipos de Rueda	Rueda Simple	2 Ejes de Ruedas Dobles		----------	----------	----------	----------	----------	Total Factor Camion C3
Peso	7	18		----------	----------	----------	----------	----------	3.2846
Factor E.E.	1.265	2.019		----------	----------	----------	----------	----------	

FACTOR VEHÍCULO – AUTO C3: 3.2846

Datos:

$Fc\ x\ Fd = 1\ x\ 0.50 \rightarrow 0.50$
$Periodo\ de\ Diseño: 20\ años$
$Días\ del\ año: 365\ días$
$Fp\ (Asfalto): 1.10$

$$r' = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r}\right]$$

$$EE_{día-carril} = IMD_{p_i}\ x\ Fd\ x\ Fc\ x\ Fvp_i\ x\ Fp_i$$

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE							
		VEHICULOS LIVIANOS	CAMIONETAS	BUS	CAMIONES		Parcial
	AÑO	M1	N2	B2	C2	C3	
IMDA total	2019	28	11	5	10	20	
Fd x Fc		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Fvp		0.0011	0.0169	4.5037	4.5037	3.2846	
Fp		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
Tasa crecimiento = R		4.20%	4.20%	3.90%	3.90%	3.90%	
Fca		30.40	30.40	29.47	29.47	29.47	
Días del año		365	365	365	365	365	
Eedía-carril	2019	0.01476	0.09275	11.259	22.518	32.846	
2020		5.39	33.86	4,109.58	8,219.17	11,988.72	24,357
2021		11.00	69.13	8,379.44	16,758.88	24,445.00	49,663
2022		16.85	105.89	12,815.82	25,631.65	37,387.07	75,957
2023		22.94	144.20	17,425.23	34,850.45	50,833.88	103,277
2024		29.29	184.11	22,214.39	44,428.79	64,805.12	131,662
2025		35.91	225.69	27,190.34	54,380.68	79,321.24	161,154
2026		42.80	269.03	32,360.35	64,720.69	94,403.48	191,796
2027		49.98	314.18	37,731.98	75,463.97	110,073.94	223,634
2028		57.47	361.24	43,313.11	86,626.23	126,355.54	256,714
2029		65.27	410.26	49,111.91	98,223.82	143,272.12	291,083
2030		73.40	461.35	55,136.86	110,273.72	160,848.45	326,794
2031		81.87	514.58	61,396.78	122,793.56	179,110.26	363,897
2032		90.69	570.05	67,900.84	135,801.68	198,084.28	402,448
2033		99.88	627.85	74,658.55	149,317.11	217,798.28	442,502
2034		109.47	688.07	81,679.82	163,359.65	238,281.13	484,118
2035		119.45	750.83	88,974.92	177,949.84	259,562.82	527,358
2036		129.85	816.22	96,554.53	193,109.05	281,674.48	572,284
2037		140.69	884.35	104,429.74	208,859.47	304,648.51	618,963
2038		151.99	955.35	112,612.08	225,224.16	328,518.52	667,462
2039		163.76	1,029.33	121,113.53	242,227.07	353,319.46	**717,853**

$$N_{rep} de\ EE_{8.2\ ton} = 0.718\ x\ 10^6$$

- **DISEÑO DE ESPESORES – MÉTODO AASHTO 93**

1. **Restricción de Tiempo:**

   - **Periodo de Diseño:**

     Según la Guía AASHTO 93, recomienda que el periodo de Diseño vaya en función del tipo de Carretera:

Tipo de Carretera	Período de Diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestida con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

Tabla 35: Periodo De Diseño Según Tipo De Carretera
Fuente: Ingeniería De Pavimentos: Materiales, Diseño Y Conservación

Para la presente tesis, consideramos un periodo de diseño de 20 años.

   - **Periodo de Análisis:**

     Es aquel periodo que se da en el transcurso de tiempo que cualquier estrategia de diseño debe cubrir.

2. **Tránsito:**

   El Diseño AASHTO, se basa en el número de ejes equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (W_{18}), valor que es conocido como el ESAL. Por lo tanto, según la guía especifica:

$$W_{18} = 365\ x\ \left(\sum_{i=1}^{m} p_i F_i\right) x\ G\ x\ D\ x\ L\ x\ Y$$

   $D = Tasa\ de\ Distribución\ direccional\ (1\ para\ un\ sentido\ y\ 0.5\ para\ 2)$

   $L = Factor\ de\ Líneas\ de\ Tráfico, cuando\ se\ tengan\ dos\ o\ más\ carriles$

   $Y = Periodo\ de\ Diseño$

3. **ESAL para Diseño**:

$$\boldsymbol{ESAL_s = 0.718\ x\ 10^6}$$

4. **Confiabilidad "R":**

   Según la Tabla 33 (Manual de Carreteras), para Caminos con bajo volumen vehicular, considera un Nivel de Confiabilidad de 80%. El ICG, recomienda los siguientes valores según el tipo de vía o red.

Niveles de Confiabilidad	
Clasificación Funcional	Nivel recomendado por AASHTO
Carretera interestatal o autopista	80-99.9
Red principal o federal	75-95
Red secundaria o estatal	75-95
Red rural o local	50-80

Tabla 36: Niveles De Confiabilidad
Fuente: Ingeniería De Pavimentos: Materiales, Diseño Y *Conservación*

De acuerdo a la Norma CE.010 – Pavimentos Urbanos, considera un Nivel entre 50% - 80%, por lo que, de acuerdo al Manual de Carreteras, la Tabla 33 considera un Nivel de Confiabilidad de acuerdo a un rango de Ejes Equivalentes y considerando Caminos de Bajo Tránsito, por lo tanto consideramos para el diseño:

$$\boldsymbol{Nivel\ de\ Confiabilidad = 80\%}$$

De la misma forma para la Desviación Estándar Normal (Zr), según el Manual de Carreteras (Rango de Ejes Equivalentes y Caminos de Bajo Volumen de Tránsito)

$$\boldsymbol{Desviación\ Estándar\ Normal\ (Zr) = -0.842}$$

NOTA: Los Valores asumidos tanto el Manual como la Norma CE.010 cumplen en el rango respectivo de tablas.

5. Desviación Estándar global "So":

La Desviación Estándar Combinada (So), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el Manual adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

PAVIMENTO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_o)
PAVIMENTO RÍGIDO	0.30 – 0.40
PAVIMENTO FLEXIBLE	0.40 – 0.50

Tabla 37: Valores Recomendados Para La Desviación Estándar
Fuente: Guía AASHTO 93

Por lo tanto, se ha considerado: $S_o = 0.45\ para\ Pavimentos\ Flexibles$

6. Módulo de Resiliencia efectivo "Mr":

De acuerdo con la falta de equipos (Difícil adquisición) para hallar el Módulo de Resiliencia o elasticidad de la subrasante, existe tablas de correlación según el AASHTO 93, con el valor de CBR. Según Heukelom y Klomp, han encontrado una relación entre el ***Mr*** medido en el campo y el CBR de laboratorio para la misma densidad. Para suelos granulares, la siguiente ecuación desarrollada por AASHTO:
Existe otra ecuación por la Guía de Diseño de Pavimentos MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide): (Para Carreteras)

$$M_r(psi) = 2555\ x\ CBR^{0.64}$$

$$M_r(psi) = 2555\ x(8.26)^{0.64} \rightarrow 9868.66\ PSI$$

En este caso, se utilizaría para vías urbanas la siguiente fórmula, según la norma CE.010 PAVIMENTOS URBANOS.

$$M_r = 1500\ x\ CBR$$

$$Sub\ rasante \rightarrow M_r(Psi) = 1500\ x\ CBR$$

$$\rightarrow 1500\ x\ 8.26 = 12{,}390\ PSI$$

$$Base\ Estabilizada \rightarrow M_r(Psi) = 1500\ x\ CBR$$

$$\rightarrow 1500\ x\ 83.94 = 125{,}910\ PSI$$

7. Índice de Serviciabilidad:

Según la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos considera lo siguiente:

P_t	Tipo de Vía
3.00	Expresas
2.50	Arteriales
2.25	Colectoras
2.00	Locales y Estacionamientos

Tipo de Pavimento	P_o
Pavimentos Rígidos	4.5
Pavimentos Flexibles (*)	4.20

Tabla 38: Índice De Serviciabilidad Inicial Y Final
Fuente: NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

(*) 'Se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. (Si no se tiene información disponible para diseño)'

$$\Delta PSI = 4.20 - 2.00 \rightarrow \ 2.20$$

$$\boldsymbol{Serviciabilidad\ Final = 4.20}$$

$$\boldsymbol{Servicibilidad\ Inicial = 2.00}$$

Analizando los valores, para el diseño se considera una óptima condición de comodidad, generando expectativa de seguridad para todo tipo de usuario| a transitar la zona. Por lo tanto, se considera el índice de Serviciabilidad de 2.20

Determinación de Espesores por Capas:

La determinación de los espesores del pavimento se dará a través de conjugar la siguiente ecuación ya especificada anteriormente:

$$\boldsymbol{SN = a_1\ x\ d_1 + a_2\ x\ d_2\ x\ m_2 + a_3\ x\ d_3\ x\ m_3}$$

Dónde:

$a_1, a_2, a_3 = Coeficientes\ estructurales\ de\ las\ capas$

$d_1, d_2, d_3 = Espesores\ de\ las\ capas$

$m_2, m_3 = Coeficientes\ de\ drenaje\ para\ las\ capas\ de\ bases\ y\ subbases.$

La caracterización de las diversas capas de nuestro pavimento se efectúa a través de sus módulos de elasticidad, capacidad de drenaje y función estructural, obtenidos por ensayos normalizados de laboratorio. Comenzando desde la capa de rodadura, lo cual su diseño debe contrarrestar la fuerza abrasiva del tránsito, permitiendo también la fuerza antideslizante y uniforme de los vehículos, cómo también evitando el desgaste por acción de las aguas.

Cómo ya ha sido explicado en el ítem **2.5.5.1 (inciso g)**, los coeficientes de capa a_i se usan los ábacos, los cuales están en función de 5 resultados de ensayos de laboratorio: Módulo Elástico, CBR, R-valor, Texas Triaxial y VRS. Y lo que corresponde con los coeficientes m, se utilizan las tablas de la Guía AASHTO, de manera que de acuerdo con las condiciones de la Zona (ICA), se tomará los valores correspondientes.

El Manual de Carreteras, considera espesores mínimos para las bases y capas superficiales:

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Capa Superficial	Base Granular
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 50mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	150 mm
	T_{P2}	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
	T_{P3}	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	T_{P4}	750 001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm

Tabla 39: Espesores Mínimos Para Carpeta De Rodadura Y Base Granular
Fuente: Manual De Carreteras – Capítulo Xii

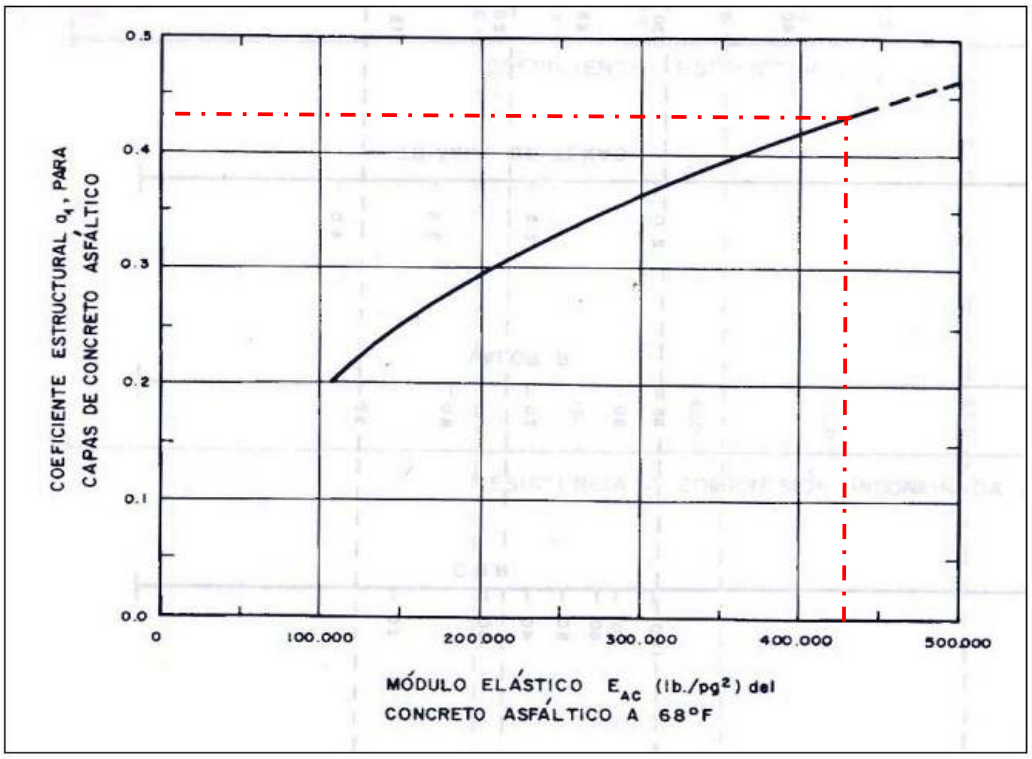
COEFICIENTES ESTRUCTURALES:

8. Espesor de la Capa Asfáltica:

De acuerdo con la tabla anterior se puede considerar un espesor de 70 mm (De acuerdo EE), según la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos para vías colectoras se considera un espesor mínimo mayor igual a 60 mm, por lo tanto, se considera este último.

a. Coeficiente Estructural del Concreto Asfáltico (a_1): El Manual considera una Carpeta Asfáltica en Caliente 2,965 MPA (430,000 PSI) a 20º C (68 Fº), de acuerdo a la gráfica se halla:

$$\boldsymbol{a_1 = 0.44}$$



9. Base Granular y Sub Base Granular:

De la tabla indicada, el Manual recomienda un espesor mínimo de 150 mm, este valor dependerá si existe uno superior de acuerdo con el Nomograma. De acuerdo con el CBR de la Escoria, se tomará el valor. De acuerdo con lo mencionado en el marco teórico de Coeficiente a_2 considera que, si el CBR supera el 100, se tomará como valor:

$$a_2 = 0.15 - \textit{Para escorias siderúrgicas (AASHTO 93)}$$

COEFICIENTES DE DRENAJE:

Los coeficientes de drenaje se hallan a partir de tablas (ya mencionadas anteriormente), el drenaje permite la liberación del agua libre entre sus granos de la estructura del pavimento, en el cual buscará evitar futuros problemas que desgasten a las capas. 'Estos coeficientes son mayores, iguales o menores que 1, dependiendo de la bondad de las capas de drenaje estructurales de menor espesor. Si el drenaje no es bueno, el coeficiente será menor que 1 y obligará a hacer un paquete estructural de mayor espesor para resistir iguales condiciones de tránsito. Es necesario aclarar que

ese paquete de mayor espesor no es un sustituto de un buen drenaje'. El factor de modificación del coeficiente de capa "***mi***" y ha sido integrado dentro de la ecuación del número estructural (**SN**) a partir del coeficiente de capa (***ai***) y el espesor ***(di***).

De acuerdo con las tablas, se considerará el diseño como Drenaje Bueno con una exposición del 5% al 25% y se tomará como valor $m_2 = 1.00$.

DATOS PARA CALCULO DE SN:

$Periodo\ de\ Diseño: 20\ años$

$Número\ de\ Ejes\ Equivalentes: 7.18\ x\ 10^5$

$Indice\ de\ Serviciabilidad\ Inicial\ (pi): 4.20$

$Indice\ de\ Serviciabilidad\ Final\ (Pt): 2.0$

$Indice\ de\ Confianza\ (R\%): 80\%$

$Desviación\ Estándar\ Normal\ (Zr): -0.842$

$Error\ de\ Combinación\ Estándar\ (So): 0.45\ (Pav.Flexibles)$

$Módulo\ de\ Resiliencia\ de\ la\ Base\ Granular\ (Mr): 125{,}910\ psi$

$CBR\ de\ la\ Sub-Rasante\ (\%): 8.26\%$

$Modulo\ de\ Resiliencia: 12{,}390\ psi$

CÁLCULO DE NÚMERO ESTRUCTURAL:

A través de una hoja de Excel, de la Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo, se calculó el número estructural para el diseño.

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SNR)

-Iterativo Manual y Iterativo Automático
-Ábaco AASHTO

ESAL	7.18E+05
CBR	8.26 %
MR Subrasante (Psi)	12390
TIPO DE TRAFICO TP	TP3
NUMERO DE ETAPAS	1
NIVEL DE CONFIABILIDAD R (%)	80%
Coeficiente Estadístico De Desviación Estándar Normal (ZR)	-0.84162123
Desviación Estándar Combinada (So)	0.45
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4.2
Serviciabilidad Final o Terminal (PT)	2
Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)	2.2

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

ITERACIÓN MANUAL

Numero Estructural Requerido (SNR)	2.464
N18 NOMINAL	5.856
N18 CALCULADO	5.856

Iterar hasta que N18 NOMINAL=N18 CALCULADO

ITERACIÓN AUTOMÁTICO

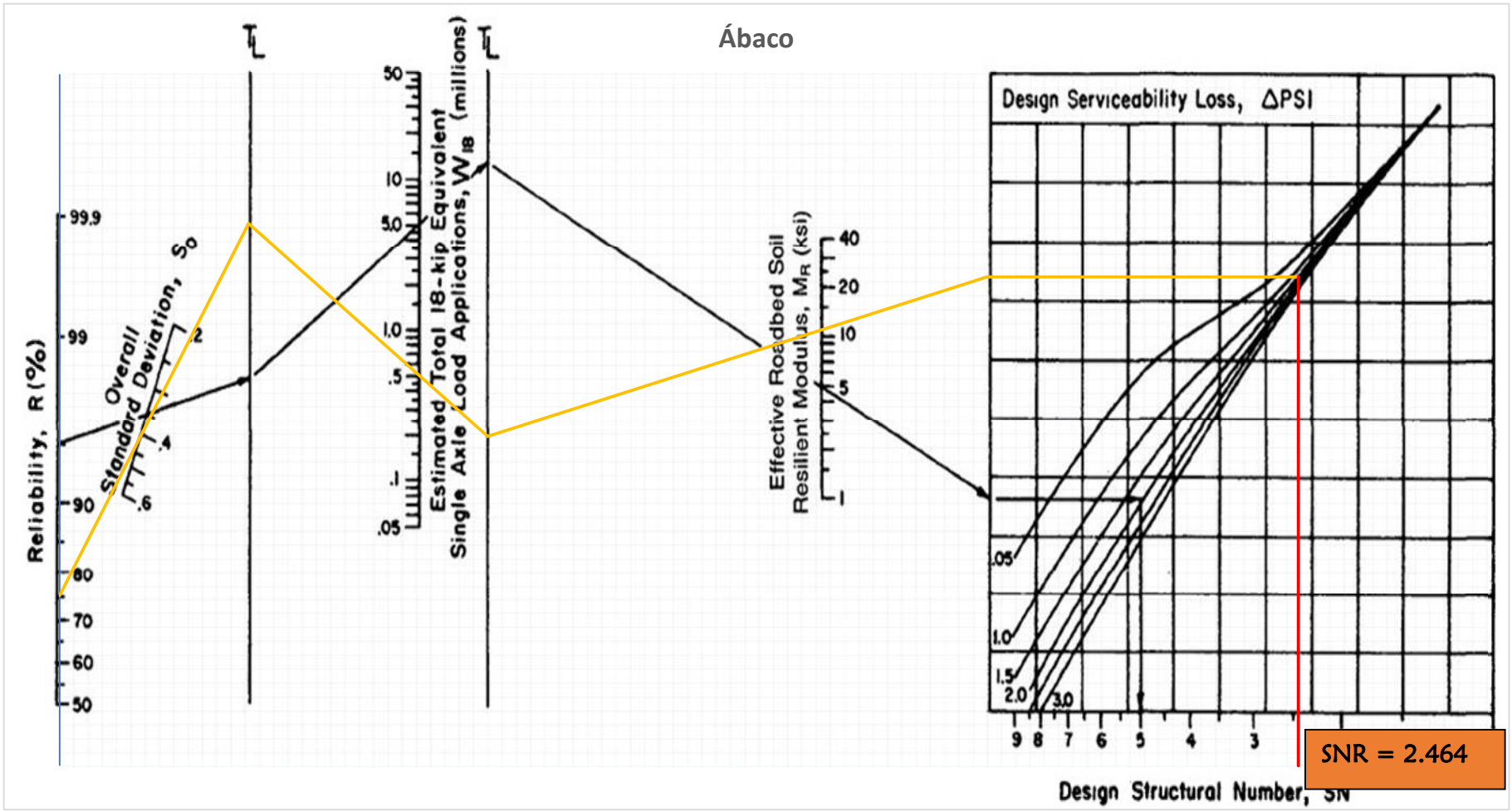
Numero Estructural Requerido (SNR)	2.463
N18 NOMINAL	5.856
N18 CALCULADO	5.855

Iterar

☑ Guardar valor

Entonces de acuerdo con los ensayos de Laboratorio obtenidos, para la Subrasante, se tiene un CBR de 8.26% considerado como Subrasante Regular, se obtiene un número estructural equivalente a SN = 2.464

Ábaco


Reliability, R (%)
99.9
99
90
80
70
60
50
Overall Standard Deviation, So
.2
.4
.6
Estimated Total 18-kip Equivalent Single Axle Load Applications, W18 (millions)
50
10
5.0
1.0
.5
.05
Effective Roadbed Soil Resilient Modulus, MR (ksi)
40
20
10
5
1
Design Serviceability Loss, ΔPSI
.05
1.0
1.5
2.0
3.0
9 8 7 6 5 4 3
Design Structural Number, SN
SNR = 2.464

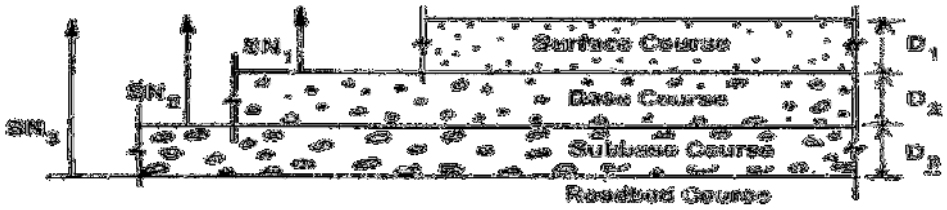
Realizando el Diseño de Espesores:

a. Cálculo de D_1

Según el Manual del MTC, Guía AASHTO 93 y la Norma CE.010, considera que, para Pavimentos Flexibles, la Carpeta Asfáltica recomendada es de 60 mm. (De acuerdo con el ESAL – CE.010 PAVIMENTOS URBANOS) entonces, consideramos 60 mm.

$$D_1 = 2.3622" \ (60\ mm)$$
$$SN = 2.464$$
$$Se\ tiene:$$
$$a_1 = 0.44\ ;\ a_2 = 0.15\ ; m_2 = 1.00\ ; D_2 = ¿?$$

b. Estableciendo la Fórmula General:



$$SN = SN_1 + SN_2 + SN_3$$

c. Debido a que sólo se considerará 1 sola Base Granular (Escoria), por lo tanto: (SN_3=0)

$$SN = SN_1 + SN_2$$

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2$$

d. Reemplazando los datos:

$$2.464 = 2.3622" * 0.44 + 0.15 * 1.00 * D_2$$

e. Calculando D_2:

$$D_2 = 9.50 \rightarrow 10" \rightarrow 25 \text{ cm}$$

f. Verificando qué:

$$SN_{requerido} \geq SN_{diseño}$$

$$SN_{requerido}: SN_1 + SN_2$$

$$SN_{req} = (0.44 * 2.3622") + (0.15 * 10" * 1.00)$$

$$SN_{req} = 2.54 > SN_{diseño} = 2.464 \rightarrow OK$$

Se tiene un espesor total de 31 cm

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE

METODO AASHTO 1993

PROYECTO : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISENO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO 'SAN JOSE DE PINILLA' (CENTRO) - OCUCAJE - ICA

SECCION : BACH. MENDOZA VERGARA PEDRO MARTÍN **FECHA :** 11/07/2019

1. REQUISITOS DEL DISEÑO

a) Periodo de diseño en años (t):	20
b) Numero de Ejes Equivalentes: Trafico EE	7.18E+05
c) Indice de servicialidad inicial (pi):	4.2
d) Indice de servicialidad final (pt):	2.0
e) Indice de confianza (R%):	80%
f) Desviación estándar normal (ZR):	-0.842
g) Error de combinación estándar (So):	0.45

2. PROPIEDADES DE MATERIALES

a) Modulo de Resiliencia de la Base Granular (Mr):		118,095.00 psi	CBR=80% (AASHTO: II-20, H-5)
b)Modulo de Resiliencia de la Sub Base Granular (Mr):		118,095.00 psi	CBR=40% (AASHTO: II-20, H-5)
c) C.B.R. de la Sub Rasante (%):		8.26 %	
d) Modulo de Resiliencia:		12.39 ksi	
	Mr=1500 CBR	12,390.00 psi	Pavimentos Urbanos
	$Mr=2555\ CBR^{0.64}$	9,868.66 psi	Manual de Carreteras

3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Variar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times So + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

SN Requerido	G_t	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
2.46	-0.08894	5.86	5.85

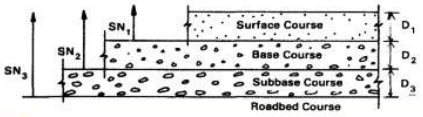
3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Concreto Asfáltico Convencional (a1):	0.44	Coef. Convencional
Base Granular (a2 = 0.249*logMr - 0.977):	0.15	Coef. Para Escorias
Sub-Base (a3 = 0.227*logMr - 0.839):	0.11	
b COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m2)	1.00	
Subbase (m3)	1.00	

4. CALCULO DE ESPESORES DE CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO: (AASHTO: II-35)

El Número Estructural se calculará con la ecuación de diseño presentada por la AASHTO-93 se interrelacionan con los espesores de capa y drenaje según la expresión:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	D1(cm) C.A.	D2(cm) Base	D3(cm) SubBase
1	2.46	2.50	6	10	20
2	2.46	2.52	6	25	0

OTROS MÉTODOS:

- **METODOLOGÍA DE LA NORMA CE.010 PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES:**

'Esta metodología es aplicable en vías locales, vías colectoras, playas de estacionamiento, estaciones de servicio y accesos. Para vías arteriales y vías expresas se debe consultar el manual MS-1 del Instituto del Asfalto o similar. Para condiciones excepcionales de carga o tránsito (pavimentos industriales, almacenes y terminales), se debe consultar el manual MS23 del Instituto del Asfalto o similar.'

Factores que considera la metodología:

- El Tráfico – Peso y Número de Vehículos (Vehículos ligeros y Camiones)
- Soporte de la Sub-Rasante
- Las Propiedades de los materiales
- Medioambiente

La metodología de la norma considera al pavimento con mezcla asfáltica en caliente (considera un tamaño máximo nominal del agregado comprendido entre 37,5 mm y 9,5 mm), las bases y subbases como materiales para pavimentación.

CONDICIÓN DE TEMPERATURA	GRADOS DE ASFALTO
FRÍO - ≤ 7 ºC	PEN 120/150 , 85/100
TEMPLADO – 7 ºC y 24 ºC	PEN 85/100 , 60/70
CALIENTE - ≥ 24 ºC	PEN 60/70 , 40/50

Tabla 40: Tipo De Asfalto Recomendado
Fuente: Norma Ce.010 – Pavimentos Urbanos

- **ESPESORES DE PAVIMENTOS:**

La metodología halla el espesor del pavimento como "Full Depth" para las diferentes vías (locales, colectoras, playas de estacionamiento, estaciones de Servicio y accesos).

- **FACTORES DE EQUIVALENCIA ENTRE MATERIALES**

'Para convertir los espesores del concreto asfáltica mezcla en caliente a bases y sub-bases granulares, con CBRs de 100% y 30% respectivamente, se utilizan los coeficientes de capa de la Guía AASHTO de 1993: 0,44/pulg para concreto asfáltico, 0,14/pulg para base granular y 0,11/pulg para sub-base granular. Esto significa que 1" de concreto asfáltico equivale a 3,14" (0,44/0,14) de base granular y a 4" (0,44/0,11) de sub-base granular. Por analogía, se deberán emplear los coeficientes de capa de otros tipos de mezclas asfálticas (en frío, mezclas arena-asfalto, etc.), para transformar los espesores de concreto asfáltica mezcla en caliente obtenidos en esta metodología de diseño, a espesores equivalentes de los otros tipos de materiales.'[38]

TABLA B2
Espesores Mínimos de Concreto Asfáltico Mezcla en Caliente para Playas de Estacionamiento, Vías Locales y Accesos para Vehículos Ligeros

Sección A		Sección B
- Accesos Residenciales - Vías Locales - Playas de Estacionamiento, hasta 200 espacios		- Playas de Estacionamiento con 200 - 500 espacios
Sub-rasante	**Espesor, T_A**	**Espesor, T_B**
Bueno a excelente	100 mm (4")	100 mm (4")
Mediana	100 mm (4")	100 mm (4")
Pobre	100 mm (4")	115 mm (4 ½")

Tabla 41: Espesor De Pavimento
Fuente: Norma Ce.010 – Pavimentos Urbanos

Figura 49: Espesor – Metodología Anexo B
Fuente: Norma Ce.010 – Pavimentos Urbanos

[38] Conversión de Espesor de Pavimento mediante coeficiente Estructural.
Autor: Norma CE.010 – Pavimentos Urbanos

- **DRENAJE**

Vías y Accesos

Las vías y accesos asfálticos deben tener un buen drenaje longitudinal y transversal. El drenaje longitudinal depende del diseño geométrico de la vía. El drenaje transversal se resuelve con un bombeo no menor de 1,5%. De ser necesario, las aguas recolectadas deben conducirse mediante tuberías, cunetas o subdrenajes fuera de las vías y accesos. En conclusión, de acuerdo con los ensayos de laboratorio realizados para esta tesis, y de utilizar las tablas para los coeficientes estructurales, se tiene:

$$\boldsymbol{Sí\ para\ 1''\ (25\ mm)\ de\ Concreto\ Asfáltico\ equivale}:$$

$$\left(\frac{\mathbf{0.44}}{\mathbf{0.15}}\right) \rightarrow \mathbf{2.933''}$$

$$\boldsymbol{Para\ 60\ mm\ de\ Concreto\ Asfáltico\ es}:$$

$$\boldsymbol{e} = \left(\frac{\mathbf{2.933 * 2.3622}}{\mathbf{1''}}\right) \rightarrow \mathbf{6.93} \rightarrow \mathbf{7''} \rightarrow \mathbf{18}\ \boldsymbol{cm}$$

ELECCION DE ALTERNATIVA DE DISEÑO:

METODO DE DISEÑO	***ESPESOR FINAL***
METODO AASHTO 93	*Carpeta Asfáltica: 6 cm* *Base de Escoria: 25 cm*
NORMA CE.010	*Carpeta Asfáltica: 6 cm* *Base de Escoria: 18 cm*

Tomando en mucha razón el diseño por el Método AASHTO 93, se toma como espesor total final de 31 cm, ya que posee mayor trascendencia de diseño de pavimentos flexibles en el país.

DISEÑO Y ANÁLISIS DE SEÑALIZACIÓN DE VÍAS

En este capítulo se realizará el diseño de las señalizaciones correspondientes, mediante el diseño del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras – 2016. En la actualidad, el Centro Poblado 'San José de Pinilla' carece de tránsito, usualmente, está copado por mototaxis a vehículos ligeros que transitan en la zona, cómo también vehículos pesados que transitan debido al incremento de construcciones o obras de pavimentación en el alrededor, es por ello, de acuerdo con el tramo de estudio dado, se realizó un análisis, de acuerdo a las características de la zona Urbana, el cual la velocidad a transitar debe ser menor a los 60 km/hora para todo vehículo. Se considera:

MARCAS EN EL PAVIMENTO:

Son aquellas marcas, símbolos, letras que son colocadas sobre el pavimento a través de pintura, tanto dentro o adyacentes a las vías de tránsito, cómo también los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, de tal manera que pueda informar y canalizar el tránsito vehicular.

- **CLASIFICACIÓN:**

Existen los siguientes tipos:

A) Marcas en el pavimento:

- Línea de borde de calzada o superficie de rodadura
- Línea de carril
- Línea central
- Líneas canalizadoras de tránsito
- Líneas demarcadoras de entradas y salidas
- Líneas de transición por reducción de carriles
- Línea de pare
- Líneas de cruce peatonal
- Demarcación de espacios para estacionamiento
- Demarcación de no bloquear cruce en intersecciones
- Demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta

- Otras demarcaciones
- Palabras, símbolos y leyendas

- B) Marcas elevadas en el pavimento:

- Delineadores de piso: Tachas retrorreflectivas y Otros delineadores de piso.
- Delineadores elevados: Postes delineadores, señal de delineador de curva horizontal (P-61), "CHEVRON", Delineador de placa "CAPTAFAROS", Delineadores "MARCADORES DE OBSTÁCULOS"

- **COLOR:**

Los colores por utilizarse en las Marcas Planas en el Pavimento son:

a. **Blanco:** Separación de corrientes de tráfico en el mismo sentido. se empleará en bordes de calzada, demarcaciones longitudinales, demarcaciones transversales, demarcaciones elevadas, flechas direccionales, letras, espacios de estacionamiento permitido.
b. **Amarillo**: Se emplea excepcionalmente para señalizar áreas que requieran ser resaltadas por las condiciones especiales de las vías.
c. **Azul:** Complementación de señales informativas.
d. **Rojo:** Demarcación de rampas de emergencia o zonas con restricciones.

En la zona de estudio se proyectaron las siguientes demarcaciones:

- **LÍNEA DE BORDE DE CALZADA O SUPERFICIE DE RODADURA:**

Línea continua que tiene por función demarcar el borde de la calzada o superficie de rodadura del pavimento. Debe ubicarse a partir del ancho donde termina la superficie de rodadura cuando la berma sea pavimentada, en caso contrario se pintará a partir de borde del pavimento. **La línea del borde de calzada es continua, de color blanco cuando por razones de emergencia puede estacionarse en la berma, y de color amarillo cuando está prohibido el estacionamiento.**

NOTA: En las vías urbanas, además se demarcará con línea amarilla continua, cubriendo la cara exterior y el borde superior de las veredas o sardineles, para indicar las zonas o tramos con prohibición de estacionamiento.

Figura 50: Línea De Borde De Calzada
Fuente: Elaboración Propia

- **LÍNEA CENTRAL:**

Tiene por función separar los carriles de circulación de la calzada o superficie de rodadura de vías bidireccionales. La línea central es de color amarillo, es discontinua o segmentada cuando es permitido cruzar al otro carril para el adelantamiento vehicular, y es continua cuando no es permitido cruzar al otro carril, por limitaciones de las características geométricas de la vía y/o su operación. Podrán complementarse con demarcaciones elevadas, las cuales serán de color amarillo.

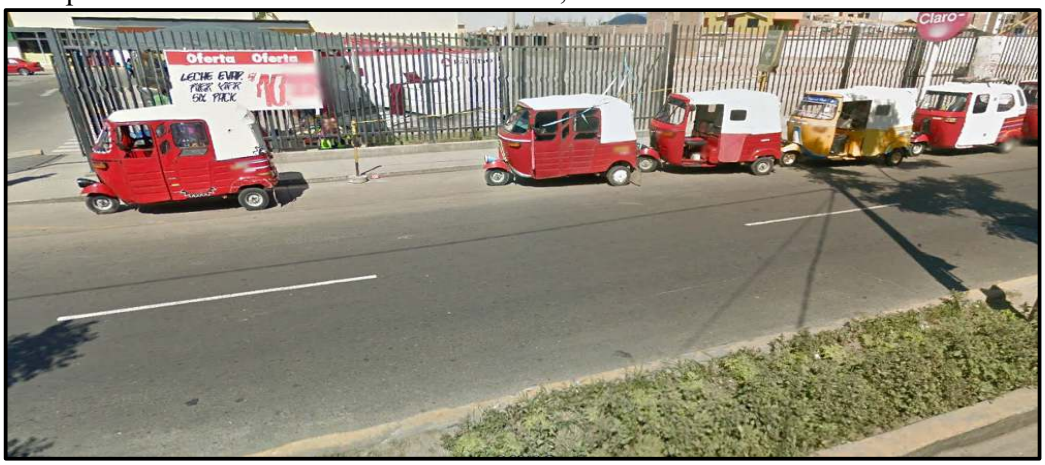


Figura 51: Línea Central
Fuente: Elaboración Propia

- **LÍNEA DE PARE:**

Es una línea transversal a la calzada o superficie de rodadura que tiene por función indicar al Conductor que debe detener completamente el vehículo, el cual no debe sobrepasar el inicio de la indicada línea. Es una línea continua de color blanco de

0.50 m. de ancho. En el caso de un “PASO PEATONAL” debe ubicarse a una distancia de 1.00 m. antes del mismo; y en otros casos a una distancia mínima de 1.50 m. antes de la esquina o vía que cruza.

Figura 52: Línea De Pare
Fuente: Elaboración Propia

- **LÍNEA DE CRUCE PEATONAL:**

Son un conjunto de líneas paralelas que abarcan el ancho de la calzada o superficie de rodadura de una vía y tienen por función indicar el lugar de cruce o paso peatonal. Las líneas paralelas de cruce peatonal son continuas, de color blanco y de 0.30 m. a 0.50 m. de ancho cada una, cuya separación es del mismo ancho de la línea de cruce peatonal, tendrá como mínimo 2.00 m. de ancho. Las líneas de cruce peatonal deben estar precedidas por la “línea de pare” la cual estará ubicada a una distancia mínima de 1.00 m., y deben complementarse con otras marcas en el pavimento, demarcaciones elevadas y señalización vertical correspondiente.

Figura 53: Línea De Cruce Peatonal
Fuente: Elaboración Propia

- **PALABRAS, SÍMBOLOS Y LEYENDAS:**

Las palabras, símbolos y leyendas utilizadas en la demarcación plana del pavimento, tienen por finalidad guiar, advertir y regular el tránsito vehicular y peatonal. Los mensajes deben ser concisos con no más de tres palabras. El diseño de las letras y símbolos deberá adoptar la forma alargada en dirección del movimiento del tránsito vehicular debido al ángulo desde el cual son vistas por el conductor que se aproxima. El tamaño de las letras y símbolos será como mínimo de 2.00 m., si el mensaje es de más de una palabra, se debe leer hacia arriba, es decir, la primera palabra del mensaje debe encontrarse delante que las demás. La distancia o espacio entre líneas de las palabras debe ser por lo menos cuatro veces el tamaño de las letras.

Se tiene según el manual, las siguientes dimensiones:

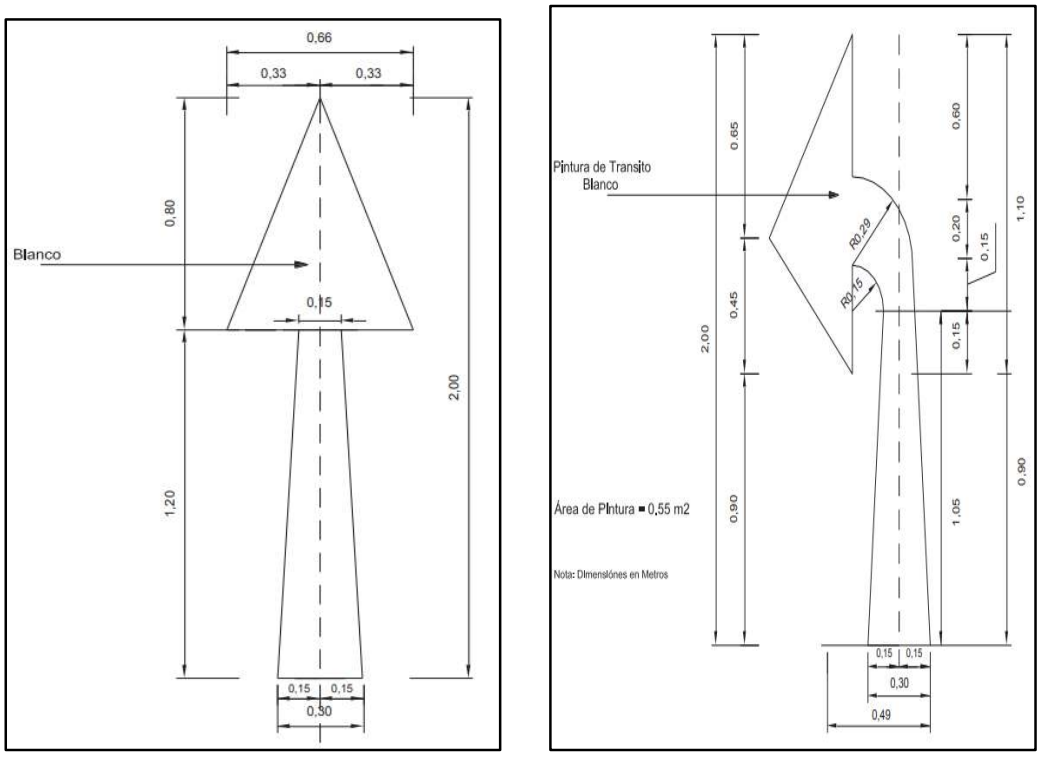


Figura 54: Dimensiones De Recta Flecha Y Flecha De Giro
Fuente: Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras – 2016

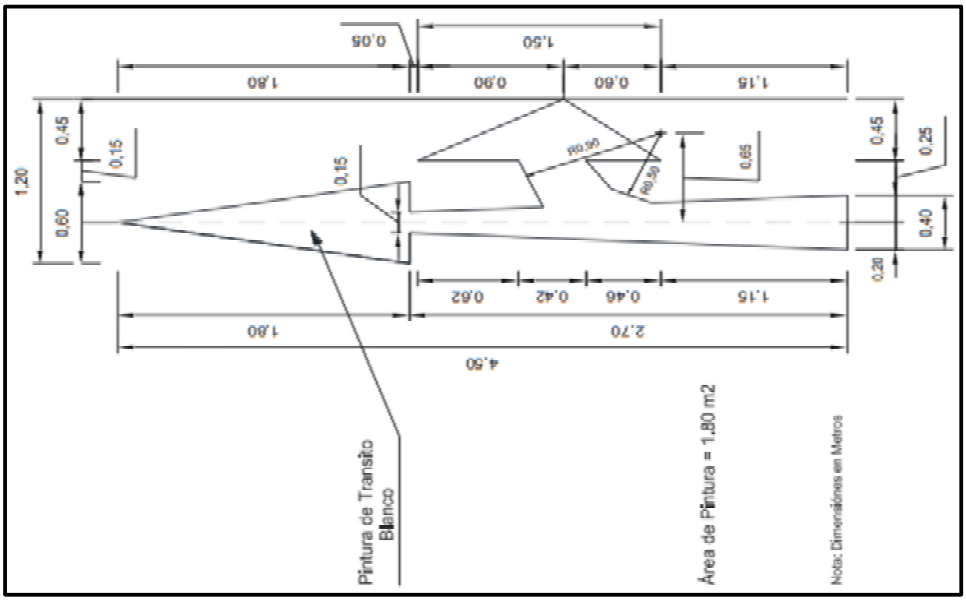


Figura 55: Dimensiones de Combinación Recta Flecha y Giro
Fuente: Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras – 2016

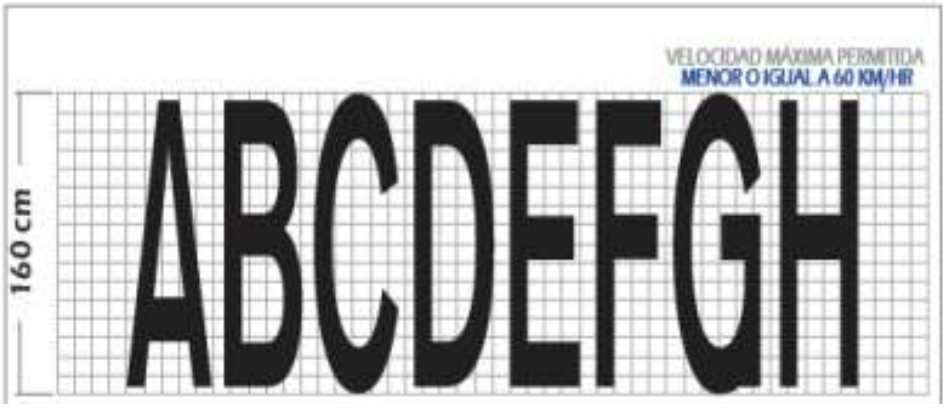


Figura 56: Dimensión De Letras En Zonas Urbanas
Fuente: Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras – 2016

SEÑALES PREVENTIVAS:

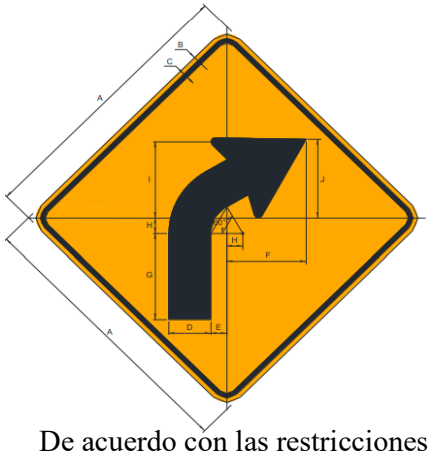
Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales ayudan a los conductores a tomar las precauciones del caso, por ejemplo, reduciendo la velocidad o realizando maniobras necesarias para su propia seguridad, la de otros vehículos y de los peatones. Su ubicación se establecerá de acuerdo con el estudio de ingeniería vial correspondiente. Para la presente investigación se tomaron las señales siguientes:

De acuerdo con la geometría horizontal de la vía:

- **SEÑAL CURVA A LA DERECHA:**

SEÑAL CURVA A LA DERECHA (P-2A)	
	Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva horizontal hacia la derecha.

Figura 57: Señal De Curva A La Derecha
Fuente: Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras – 2016



P-2A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	25.5	129.0	142.5	25.5	129.0	132.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	34.0	172.0	190.0	34.0	172.0	176.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	45.3	229.3	253.3	45.3	229.3	234.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	56.7	286.7	316.7	56.7	286.7	293.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	68.0	344.0	380.0	68.0	344.0	352.0

Se tomó como medida a las dimensiones 600 x 600

De acuerdo con las restricciones físicas de la vía:

- **SEÑALES PREVENTIVAS DE INTERSECCIÓN DE VIAS**:

SEÑAL CRUCE DE VÍAS A NIVEL (P-6)	
	Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce o intersección de dos vías al mismo nivel en Ángulo recto (90°).

Figura 58: Señal De Intersección De Vías
Fuente: Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras – 2016

SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO RECTO CON VÍA LATERAL A LA DERECHA (P-9A)	
	Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía, la proximidad de un empalme o intersección con otra vía ubicada a la derecha en ángulo recto (90°).

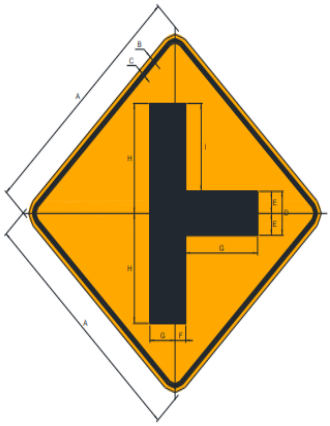
Figura 58.1: Señal De Vía Lateral A La Derecha
Fuente: Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras – 2016

Cruce de vías a nivel

P-6	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	75.0	37.5	150.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	100.0	50.0	200.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	133.3	66.7	266.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	166.7	83.3	333.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	200.0	100.0	400.0

Se tomó como medida a las dimensiones 600 x 600

Empalme en ángulo recto con vía lateral a la derecha



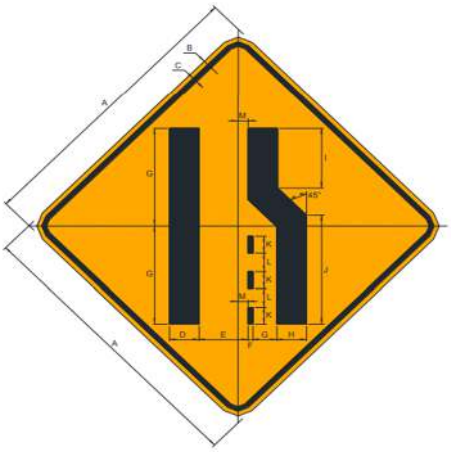
P-9A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	75.0	37.5	22.5	52.5	187.5	150.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	100.0	50.0	30.0	70.0	250.0	200.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	133.3	66.7	40.0	93.3	333.3	266.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	166.7	83.3	50.0	116.7	416.7	333.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	200.0	100.0	60.0	140.0	500.0	400.0

Se tomó como medida a las dimensiones 600 x 600

- **SEÑAL DE REDUCCIÓN DE CARRIL EXTERNO AL LADO DERECHO**

SEÑAL REDUCCIÓN DEL CARRIL EXTERNO AL LADO DERECHO (P-18A)	
	Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una reducción del carril externo al lado derecho de la calzada.

Figura 59: Señal Reducción De Calzada A Lado Derecho
Fuente: Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras – 2016



Se tomó como medida a las dimensiones 600 x 600

P-18A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	74.3	7.5	36.4	45.0	96.2	175.0	27.0	30.0	15.2
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	99.1	10.0	48.5	60.0	128.3	233.3	36.0	40.0	20.3
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	132.1	13.3	64.7	80.0	171.0	311.1	48.0	53.3	27.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	165.1	16.7	80.9	100.0	213.8	388.9	60.0	66.7	33.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	198.1	20.0	97.1	120.0	256.5	466.7	72.0	80.0	40.5

- **SEÑALES REGULADORAS:**

Tienen por objeto notificar a los usuarios, las limitaciones, restricciones, prohibiciones y/o autorizaciones existentes que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación a las disposiciones contenidas en el Reglamento Nacional de Tránsito, vigente; así como a otras normas del MTC. Además de comunicar a los usuarios sobre las limitaciones, prohibiciones, restricciones, obligaciones y/o autorizaciones existentes a través de símbolos, puede ser necesario complementar la señal mediante mensajes, cuando por ejemplo las prohibiciones o restricciones se aplican sólo para ciertos días o períodos. Para la presente investigación se tomaron las señales siguientes:

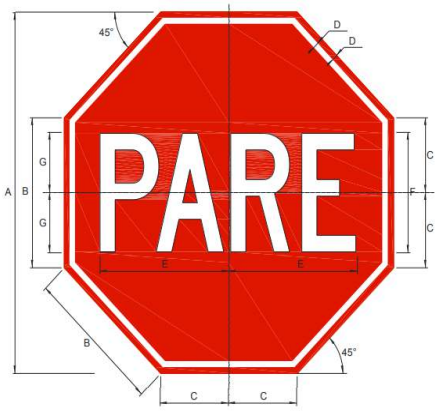
Señales de Prioridad:

- **SEÑAL DE PARE**

Dispone que el conductor de un vehículo se detenga antes de cruzar una intersección, y debiendo determinarse su ubicación de acuerdo con el estudio de ingeniería vial antes indicado, puesto que su uso indiscriminado puede afectar negativamente a su credibilidad, y en lugar de ayudar a la seguridad vial en una intersección puede generar inseguridad.

Señales de Prohibición de Maniobras y giros:

- **SEÑAL DE PROHIBIDO VOLTEAR A LA DERECHA**



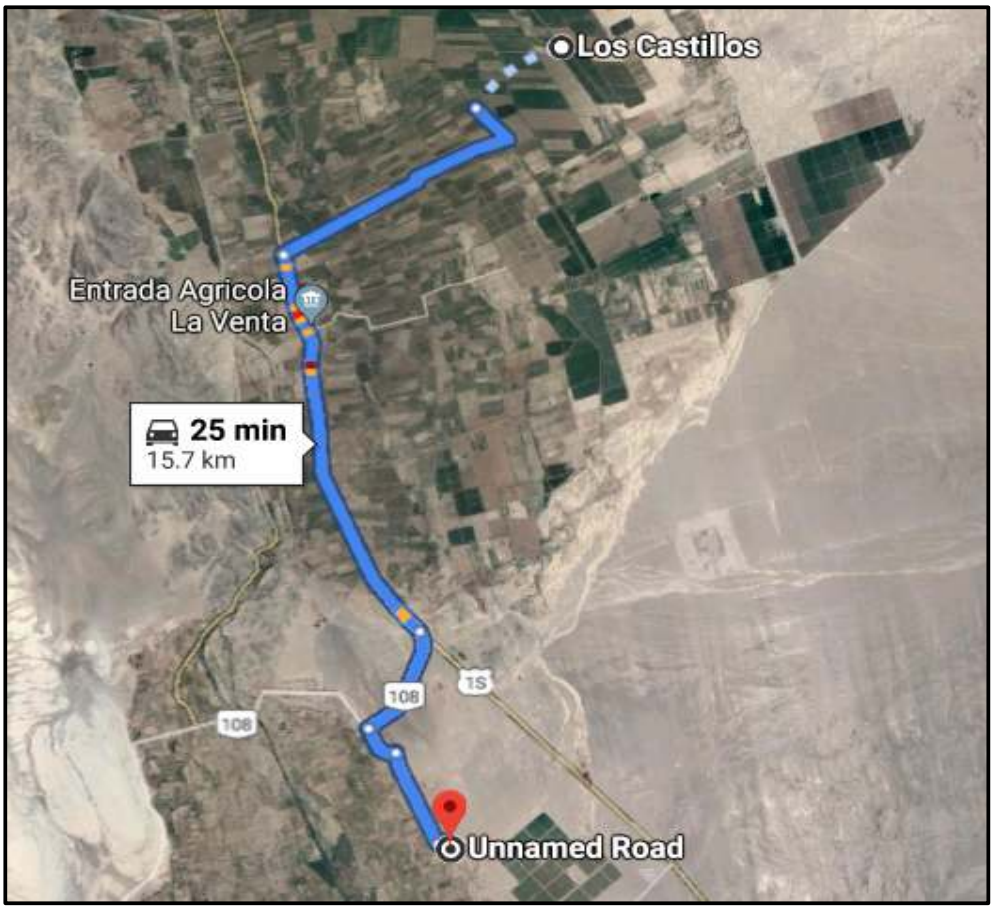
R-1	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	186.4	93.2	7.5	187.2	150.0	75.0
600 x 600	50 o menor	600.0	248.6	124.3	10.0	249.6	200.0	100.0
800 x 800	60 - 70	800.0	331.4	165.7	13.3	332.8	266.6	133.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	414.4	207.2	16.7	416.0	333.4	166.7
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

Se tomó como medida a las dimensiones 600 x 600

Figura 60: Señal De Pare
Fuente: Manual De Dispositivos De Control De Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras – 2016

- **DISEÑO Y UBICACIÓN DE BOTADERO:**

En la actualidad, la ciudad de Ica carece de un Relleno Sanitario Municipal de buena formalidad, es uno de los problemas que aborda la ciudad debido al exceso de desechos que va en crecimiento con un escaso control de residuos sólidos. Ante esto, las cantidades de desecho son en lugares muy improvisados como por ejemplo el sector de Ocucaje, La Tinguiña (Camino a la Quebrada Cansas y Pampa los Castillos), etc. Por lo que el botadero más accesible y usado de manera clandestina es en Pampa Los Castillos, el cual se tomará como ubicación desde la zona de estudio ante la eliminación de material excedente. Que se encuentra aproximadamente a 20 – 25 min. Por lo tanto en el acápite de Presupuesto, se considerará los precios según la zona y la contrata respectiva.



METRADOS Y PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	Und	Elem. Simil	DIMENSIONES			Nº de Veces	METRADO					Total
				Largo	Ancho	Alto		Lon.	Área	Vol.	Kg.	Und.	
01	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL CENTRO POBLADO 'SAN JOSÉ DE PINILLA' (CENTRO) OCUCAJE - ICA												
01.01	OBRAS PROVISIONALES												
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60 X 2.40 M	und											1.00
	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60 X 2.40 M	und	1				1					1.00	
01.01.02	ALMACÉN, OFICINA, CASETA DE GUARDIANÍA	glb											1.00
	ALMACÉN, OFICINA, CASETA DE GUARDIANÍA	glb	1				1					1.00	
01.01.03	SERVICIOS HIGIÉNICOS Y VESTIDORES PROVISIONAL	mes											2.00
	SERVICIOS HIGIÉNICOS Y VESTIDORES PROVISIONAL	mes	2				1					2.00	
01.02	OBRAS PRELIMINARES												
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2											6245.87
	TRAMO 1 (0+000 - 0+500)	m2	1	AREA	500.00	10.00	1		5000.00				
	TRAMO 2 (0+000 - 0+177.982)	m2	1	AREA	177.98	7.00	1		1245.87				
01.02.02	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	m2											6245.87
	TRAMO 1 (0+000 - 0+500)	m2	1	AREA	500.00	10.00	1		5000.00				
	TRAMO 2 (0+000 - 0+177.982)	m2	1	AREA	177.98	7.00	1		1245.87				
01.02.03	TALA Y RETIRO DE ARBOLES	Und											1.00
	AVISOS DE PREVENCIÓN Y DESVÍO DE TRÁNSITO	und	1				1					1.00	
01.02.04	FLETE DE MATERIALES	est											1.00
	FLETE DE MATERIALES	est	1				1					1.00	
01.02.05	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	est											1.00
	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	est	1				1					1.00	
01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS												
01.03.01	CORTE A NIVEL DE SUB RASANTE	m3											1214.47
	TRAMO 1 (0+000 - 0+500)	m3	1	VOLUMEN AC.		1214.47	1		1214.47				
	TRAMO 2 (0+000 - 0+177.982)	m3	1	VOLUMEN AC.		0.00	1		0.00				
01.03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3											486.54

	TRAMO 1 (0+000 - 0+500)	m3	1	VOLUMEN AC.		160.13	1		160.13				
	TRAMO 2 (0+000 - 0+177.982)	m3	1	VOLUMEN AC.		326.41	1		326.41				
01.03.03	**PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE**	m2											**6245.87**
	TRAMO 1 (0+000 - 0+500)	m2	1	AREA	500.00	10.00	1		5000.00				
	TRAMO 2 (0+000 - 0+177.982)	m2	1	AREA	177.98	7.00	1		1245.87				
01.03.04	**ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE**	**m3**											**727.93**
	CORTE	m3	1	VOLUMEN T.		1214.47	1		1214.47				
	RELLENO	m3	1	VOLUMEN T.		486.54	1		486.54				
01.04	**PAVIMENTO FLEXIBLE**												
01.04.01	**BASE DE ESCORIA E=0.25 m inc. EQUIPO**	m2											**6245.87**
	TRAMO 1 (0+000 - 0+500)	m2	1	AREA	500.00	10.00	1		5000.00				
	TRAMO 2 (0+000 - 0+177.982)	m2	1	AREA	177.98	7.00	1		1245.87				
01.04.02	**IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA**	**m2**											**6245.87**
	TRAMO 1 (0+000 - 0+500)	m2	1	AREA	500.00	10.00	1		5000.00				
	TRAMO 2 (0+000 - 0+177.982)	m2	1	AREA	177.98	7.00	1		1245.87				
01.04.03	**CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 60 mm**	**m2**											**6245.87**
	TRAMO 1 (0+000 - 0+500)	m2	1	AREA	500.00	10.00	1		5000.00				
	TRAMO 2 (0+000 - 0+177.982)	m2	1	AREA	177.98	7.00	1		1245.87				
01.05	**SARDINEL SUMERGIDO (0.15 x 0.30) m**												
01.05.01	**EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO**	**m3**											**66.21**
	SARDINEL IZQUIERDO - TRAMO 1	m3	1	445.06	0.15	0.30	1			24.03			
	SARDINEL DERECHO - TRAMO 1	m3	1	489.53	0.15	0.30	1			26.43			
	SARDINEL IZQUIERDO - TRAMO 2	m3	1	140.76	0.15	0.30	1			7.60			
	SARDINEL DERECHO - TRAMO 2	m3	1	150.76	0.15	0.30	1			8.14			
01.05.02	**TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO**	**m**											**1226.11**
	SARDINEL DERECHO	m	1	METRO LINEAL		640.29	1		640.29				
	SARDINEL IZQUIERDO	m	1	METRO LINEAL		585.82	1		585.82				
01.05.03	**ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE**	**m3**											**66.21**
	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1			66.21	1			66.21			
01.05.04	**CONCRETO f'c = 175 kg/cm2 PARA SARDINELES**	**m3**											**54.90**
	CONCRETO f'c = 175 kg/cm2 PARA SARDINELES	m3	1			54.90	1			54.90			

01.05.05	**ENCOFRADO PARA SARDINELES SUMERGIDOS**	**m2**											**747.42**
	SARDINEL DERECHO	m2	1	AREA	640.29	0.30	2		384.18				
	SARDINEL IZQUIERDO	m2	1	AREA	585.82	0.30	2		351.49				
	LATERALES	m2	1	AREA	0.15	0.30	261		11.76				
01.05.06	**ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60**	**kg**											**2816.02**
	SARDINEL DERECHO			Long.	Gancho	Empal.					**kg**		
	ACERO SUPERIOR E INFERIOR 3/8"	kg	**1**	640	0.30	32.03	2				**753.34**		
	SARDINEL IZQUIERDO			Long.	Gancho	Empal.							
	ACERO SUPERIOR E INFERIOR 3/8"	kg	**1**	586	0.30	29.31	2				**689.28**		
	VERTICALES 3/8" @.25	kg		0.35	0.15		4905				**1373.40**		
01.05.07	**JUNTAS DE DILATACIÓN EN SARDINEL C/5.00 m**	**ml**											**36.78**
	JUNTAS DE DILATACIÓN EN SARDINEL DERECHO	ml	1	0.15			128	19.21					
	JUNTAS DE DILATACIÓN EN SARDINEL IZQUIERDO	ml	1	0.15			117	17.57					
01.05.08	**CURADO DE OBRAS DE CONCRETO**	**m2**											**183.92**
	SARDINELES POR IZQUIERDA	m2	1	AREA	585.82	0.15	1		87.87				
	SARDINELES POR DERECHA	m2	1	AREA	640.29	0.15	1		96.04				
01.06	**SEÑALIZACIÓN**												
01.06.01	**PINTURA DE EJES EN (LINEA DISCONTINUA e=0.10m)**	**ml**											**147.00**
	PINTURA DE EJES EN (LINEA DISCONTINUA e=0.10m)	ml	1	METRO LINEAL		3.00	49		147.00				
01.06.02	**PINTURA DE SÍMBOLOS DE SEÑALIZACIÓN**	**m2**											**306.44**
	PINTURA DE SÍMBOLOS DE SEÑALIZACIÓN	m2	1	AREA TOTAL		306.44	1		306.44				
01.06.03	**PINTURA DE SARDINEL CON PINTURA DE TRÁFICO**	**ml**											**183.92**
	PINTURA DE SARDINEL CON PINTURA DE TRÁFICO	ml	1	METRO LINEAL		1226.11	0.15		183.92				
01.06.04	**SEÑALES REGULADORAS 0.60 X 0.90 m**	**Und**											
	SEÑALES REGULADORAS 0.60 X 0.90 m	Und	1	UNIDAD			1					1	**1**
01.06.05	**SEÑALES PREVENTIVAS 0.60 X 0.60 m**	**Und**											
	SEÑALES PREVENTIVAS 0.60 X 0.60 m	Und	10	UNIDAD			1					10	**10**

01.07	**ESTUDIOS Y ENSAYOS**												
01.07.01	**PRUEBA DE COMPACTACIÓN DE SUELOS**	**und**											**4.00**
	PRUEBA DE COMPACTACIÓN DE SUELOS	und	4				1		4.00				
01.07.02	**DISEÑO DE MEZCLA P/ CONCRETO ARMADO**	und											**4.00**
	DISEÑO DE MEZCLA P/ CONCRETO ARMADO	und	4				1		4.00				
01.07.03	**PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO**	und											**4.00**
	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO	und	4				1		4.00				

RESUMEN DE HOJA DE METRADOS

Proyecto	:	**"EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA"**		
Propietario	:	**MUNICIPALIDAD DE OCUCAJE**		
Fecha	:	**ENERO 2019**	Hecho por :	**PMMV**
Especialidad	:	**VÍAS Y PAVIMENTOS**		
Modulo	:	**SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO)**	Revisado por :	**FOG**

ITEM	DESCRIPCION	Und.	Parcial	Total
01	**EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL CENTRO POBLADO 'SAN JOSÉ DE PINILLA' (CENTRO) OCUCAJE - ICA**			
01.01	**OBRAS PROVISIONALES**			
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60 X 2.40 M	und	1.00	1.00
01.01.02	ALMACÉN, OFICINA, CASETA DE GUARDIANÍA	glb	1.00	1.00
01.01.03	SERVICIOS HIGIÉNICOS Y VESTIDORES PROVISIONAL	mes	2.00	2.00
01.02	**OBRAS PRELIMINARES**			
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	6,245.87	6,245.87
01.02.02	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	m2	6,245.87	6,245.87
01.02.03	TALA Y RETIRO DE ARBOLES	Und	1.00	1.00
01.02.04	FLETE DE MATERIALES	est	1.00	1.00
01.03	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**			
01.03.01	CORTE A NIVEL DE SUB RASANTE	m3	1,214.47	1,214.47
01.03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	486.54	486.54
01.03.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE	m2	6,245.87	6,245.87
01.03.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	727.93	727.93
01.04	**PAVIMENTO FLEXIBLE**			
01.04.01	BASE GRANULAR E=0.25 m EQUIPO (ECOGRAVILLA)	m2	6,245.87	6,245.87

01.04.02	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	6,245.87	6,245.87
01.04.03	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 60 mm	m2	6,245.87	6,245.87
01.05	**SARDINEL SUMERGIDO (0.15 x 0.30) m**			
01.05.01	EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO	m3	66.21	66.21
01.05.02	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	m	1,226.11	1,226.11
01.05.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	66.21	66.21
01.05.04	CONCRETO f'c = 175 kg/cm2 PARA SARDINELES	m3	54.90	54.90
01.05.05	ENCOFRADO PARA SARDINELES SUMERGIDOS	m2	747.42	747.42
01.05.06	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2816.02	2816.02
01.05.07	JUNTAS DE DILATACIÓN EN SARDINEL C/5.00 m	ml	36.78	36.78
01.05.08	CURADO DE OBRAS DE CONCRETO	m2	183.92	183.92
01.06	**SEÑALIZACIÓN**			
01.06.01	PINTURA DE EJES EN (LINEA DISCONTINUA e=0.10m)	ml	147.00	147.00
01.06.02	PINTURA DE SÍMBOLOS DE SEÑALIZACIÓN	m2	306.44	306.44
01.06.03	PINTURA DE SARDINEL CON PINTURA DE TRÁFICO	M2	183.92	183.92
01.06.04	SEÑALES REGULADORAS 0.60 X 0.90 m	Und	1.00	2.00
01.06.05	SEÑALES PREVENTIVAS 0.60 X 0.60 m	Und	10.00	3.00
01.07	**ESTUDIOS Y ENSAYOS**			
01.07.01	PRUEBA DE COMPACTACIÓN DE SUELOS	und	4.00	4.00
01.07.02	DISEÑO DE MEZCLA P/ CONCRETO ARMADO	und	4.00	4.00
01.07.03	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO	und	4.00	4.00

Presupuesto

Presupuesto 0201005 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Cliente MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE Costo al 19/12/2018

Lugar ICA - ICA - OCUCAJE

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	**EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA**				**82,656.43**
01.01	**OBRAS PROVISIONALES**				**1,701.29**
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60 X 2.40 M	und	1.00	860.56	860.56
01.01.02	ALMACEN , OFICINA Y/O CASETA P/GUARDIANIA	glb	1.00	417.13	417.13
01.01.03	SERVICIOS HIGIÉNICOSY VESTIDORES PROVISIONAL	mes	2.00	211.80	423.60
01.02	**OBRAS PRELIMINARES**				**80,955.14**
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	6,245.87	0.15	936.88
01.02.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	6,245.87	0.72	4,497.03
01.02.03	TALA Y RETIRO DE ÁRBOLES	und	1.00	34.02	34.02
01.02.04	FLETE DE MATERIALES	est	1.00	67,487.21	67,487.21
01.02.05	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	est	1.00	8,000.00	8,000.00
01.03	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**				**39,974.09**
01.03.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE	m2	1,214.47	3.02	3,667.70
01.03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	486.54	4.50	2,189.43
01.03.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	6,245.87	2.72	16,988.77
01.03.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	727.93	23.53	17,128.19
01.04	**PAVIMENTO FLEXIBLE**				**205,489.12**
01.04.01	BASE DE ESCORIA E=0.25m inc. EQUIPO	m2	6,245.87	2.05	12,804.03
01.04.02	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	6,245.87	3.93	24,546.27
01.04.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 60 mm	m2	6,245.87	26.92	168,138.82
01.05	**SARDINELES SUMERGIDO (0.15 x 0.30)**				**38,310.11**
01.05.01	EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO	m3	66.21	98.93	6,550.16
01.05.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m	1,226.11	0.79	968.63
01.05.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	66.21	23.53	1,557.92
01.05.04	CONCRETO f'c = 175 kg/cm2 PARA SARDINELES	m3	54.90	100.63	5,524.59
01.05.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SARDINELES	m2	747.42	16.80	12,556.66
01.05.06	JUNTAS DE DILATACIÓN EN SARDINEL C/5.00 m	m	36.78	5.85	215.16
01.05.07	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,816.02	3.78	10,644.56
01.05.08	CURADO DE CONCRETO	m2	183.92	1.59	292.43
01.06	**SEÑALIZACION**				**11,173.65**
01.06.01	PINTURA DE EJES EN (LINEA DISCONTINUA e=0.10m)	m	147.00	4.57	671.79
01.06.02	PINTURA DE SÍMBOLOS DE SEÑALIZACIÓN	m2	306.44	12.29	3,766.15
01.06.03	PINTURA DE SARDINEL CON PINTURA DE TRÁFICO	m	183.92	2.75	505.78
01.06.04	SEÑALES REGULADORAS 0.60 X 0.90 m	und	1.00	595.73	595.73
01.06.05	SEÑALES PREVENTIVAS 0.60 X 0.60 m	und	10.00	563.42	5,634.20
01.07	**ESTUDIOS Y ENSAYOS**				**2,033.92**
01.07.01	PRUEBA DE COMPACTACIÓN SUELOS (PROCTOR MODIFICADO DENSIDAD DE CAMPO)	und	4.00	127.12	508.48
01.07.02	DISEÑO DE MEZCLA P/CONCRETO ARMADO	und	4.00	296.61	1,186.44
01.07.03	PRUEBA DE CALIDAD DEL CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	4.00	84.75	339.00
	COSTO DIRECTO				**379,637.32**
	GASTOS GENERALES (7%)				**26,574.61**
	UTILIDADES (8%)				**30,370.99**
	SUBTOTAL				**436,582.92**
	IGV (18%)				**78,584.93**
	PRESUPUESTO TOTAL				**515,167.85**

Fecha : 11/01/2021 14:44:01

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 020100 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Fecha presupuesto 19/12/2018

Partida 01.02.01 LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL

(001)01.02.01

Rendimiento m2/DIA MO. 2,800.0000 EQ. 2,800.0000 Costo unitario directo por : m2 **0.15**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0003	23.04	0.01
0101010005	PEON	hh	3.00	0.0086	15.28	0.13
						0.14
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.14	0.01
						0.01

Partida 01.01.02 ALMACEN , OFICINA Y/O CASETA P/GUARDIANIA

(001)01.01.02

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb **417.13**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.8000	23.04	18.43
0101010004	OFICIAL	hh	1.20	9.6000	16.98	163.01
0101010005	PEON	hh	0.50	4.0000	15.28	61.12
						242.56
	Materiales					
0290240001002	CASETA DE MADERA TORNILLO ADICIONAL TECHADA	und		1.0000	20.59	20.59
0290250009	ESCRITORES DE OFICINA	und		1.0000	55.08	55.08
0290250010	SILLAS DE OFICINA	und		3.0000	30.54	91.62
						167.29
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	242.56	7.28
						7.28

Partida 01.05.04 CONCRETO f'c = 175 kg/cm2 PARA SARDINELES

(006)01.05.04

Rendimiento m3/DIA MO. 10.0000 EQ. 10.0000 Costo unitario directo por : m3 **100.63**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0800	23.04	1.84
0101010003	OPERARIO	hh	2.00	1.6000	20.95	33.52
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.8000	16.98	13.58
0101010005	PEON	hh	0.50	0.4000	15.28	6.11
						55.05
	Materiales					
0207010001000	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.0577	49.60	2.86
0207020001000	ARENA GRUESA	m3		0.0300	38.14	1.14
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.4500	18.81	8.46
0290130022	AGUA	m3		0.1700	7.50	1.28
						13.74
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	55.05	1.65
0301290001000	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"	hm	1.00	0.8000	12.71	10.17
0301290004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1.00	0.8000	25.03	20.02
						31.84

Partida 01.05.07 ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60

(006)01.05.07

Rendimiento kg/DIA MO. 250.0000 EQ. 250.0000 Costo unitario directo por : kg **3.78**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0032	23.04	0.07
0101010003	OPERARIO	hh	2.00	0.0640	20.95	1.34
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0320	16.98	0.54
0101010005	PEON	hh	0.25	0.0080	15.28	0.12

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 020100 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Fecha presupuesto 19/12/2018

						2.07
	Materiales					
0204010002000	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0250	4.66	0.12
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	1.46	1.53
						1.65
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.07	0.06
						0.06

Partida **01.06.01** **PINTURA DE EJES EN (LINEA DISCONTINUA e=0.10m)**

(007)01.06.01

Rendimiento **m/DIA** MO. **300.0000** EQ. **300.0000** Costo unitario directo por : m **4.57**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0027	23.04	0.06
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0267	20.95	0.56
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0267	16.98	0.45
0101010005	PEON	hh	2.00	0.0533	15.28	0.81
						1.88
	Materiales					
0240020021	PINTURA ESMALTE PARA TRÁFICO - BLANCA	gal		0.0180	55.00	0.99
0240060011	MICROESFERAS DE VIDRIO REFLECTIVA	kg		0.1050	3.22	0.34
0240080017	DISOLVENTE XILOL	gal		0.0300	17.00	0.51
						1.84
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.88	0.06
0301120005	MAQUINA PARA TRAZADO DE LINEAS	hm	1.00	0.0267	29.66	0.79
						0.85

Partida **01.06.02** **PINTURA DE SÍMBOLOS DE SEÑALIZACIÓN**

(007)01.06.02

Rendimiento **m2/DIA** MO. **50.0000** EQ. **50.0000** Costo unitario directo por : m2 **12.29**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0160	23.04	0.37
0101010003	OPERARIO	hh	1.50	0.2400	20.95	5.03
0101010005	PEON	hh	1.00	0.1600	15.28	2.44
						7.84
	Materiales					
0240020021	PINTURA ESMALTE PARA TRÁFICO - BLANCA	gal		0.0180	55.00	0.99
0240060011	MICROESFERAS DE VIDRIO REFLECTIVA	kg		0.1050	3.22	0.34
0240080017	DISOLVENTE XILOL	gal		0.0300	17.00	0.51
						1.84
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.84	0.24
0301120005	MAQUINA PARA TRAZADO DE LINEAS	hm	0.50	0.0800	29.66	2.37
						2.61

Partida **01.07.01** **PRUEBA DE COMPACTACIÓN SUELOS (PROCTOR MODIFICADO DENSIDAD DE CAMPO)**

(008)01.07.01

Rendimiento **und/DIA** MO. **24.0000** EQ. **24.0000** Costo unitario directo por : und **127.12**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Equipos					
0301350003000	PRUEBAS PROCTOR MODIFICADO DE CAMPO	und		1.0000	127.12	127.12
						127.12

Partida **01.07.02** **DISEÑO DE MEZCLA P/CONCRETO ARMADO**

(008)01.07.02

Rendimiento **und/DIA** MO. **24.0000** EQ. **24.0000** Costo unitario directo por : und **296.61**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Equipos					
0301350003000	DISEÑO DE MEZCLA P/CONCRETO	pza		1.0000	296.61	296.61

Fecha : 11/01/2021 14:45:56

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 020100 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Fecha presupuesto 19/12/2018

296.61

Partida 01.02.05 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS

(001)01.02.05

Rendimiento est/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : est 8,000.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0203020002	FLETE TERRESTRE POR VIAJE (IDA Y VUELTA)	glb		1.0000	8,000.00	8,000.00
						8,000.00

Partida 01.02.04 FLETE DE MATERIALES

(001)01.02.04

Rendimiento est/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : est 67,487.21

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0203020004	FLETE TERRESTRE DE ECOGRAVILLA	glb		1.0000	66,737.29	66,737.29
0203020008	FLETE TERRESTRE DE MATERIALES	glb		1.0000	749.92	749.92
						67,487.21

Partida 01.01.01 CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60 X 2.40 M

(001)01.01.01

Rendimiento und/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : und 860.56

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.8000	23.04	18.43
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	8.0000	20.95	167.60
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	8.0000	16.98	135.84
0101010005	PEON	hh	1.00	8.0000	15.28	122.24
						444.11
	Materiales					
0207030001	HORMIGON	m3		0.1500	45.88	6.88
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		1.0500	18.81	19.75
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2		25.0000	4.90	122.50
0231220002	PANEL DE GIGANTOGRAFÍA DE TELA PANAFLEX	und		1.0000	254.00	254.00
						403.13
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	444.11	13.32
						13.32

Partida 01.03.03 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE

(002)01.03.03

Rendimiento m2/DIA MO. 3,200.0000 EQ. 3,200.0000 Costo unitario directo por : m2 2.72

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0003	23.04	0.01
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0025	20.95	0.05
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0025	16.98	0.04
0101010005	PEON	hh	0.50	0.0013	15.28	0.02
						0.12
	Materiales					
0290130022	AGUA	m3		0.1800	7.50	1.35
						1.35
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.12	
0301100006000	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101 -135HP 10-12 ton	hm	2.00	0.0050	135.59	0.68
0301200001000	MOTONIVELADORA 125 HP	hm	1.00	0.0025	177.97	0.44
0301220009	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 1,500 gl	hm	0.50	0.0013	101.69	0.13
						1.25

Partida 01.05.01 EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 020100 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Fecha presupuesto 19/12/2018

(006)01.05.01
Rendimiento **m3/DIA** MO. **4.0000** EQ. **4.0000** Costo unitario directo por : m3 **98.93**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.2000	23.04	4.61
0101010003	OPERARIO	hh	2.00	4.0000	20.95	83.80
0101010005	PEON	hh	0.25	0.5000	15.28	7.64
						96.05
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	96.05	2.88
						2.88

Partida **01.03.01** **CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE**

(002)01.03.01
Rendimiento **m2/DIA** MO. **450.0000** EQ. **450.0000** Costo unitario directo por : m2 **3.02**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0018	23.04	0.04
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0178	20.95	0.37
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0178	16.98	0.30
0101010005	PEON	hh	0.50	0.0089	15.28	0.14
						0.85
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.85	0.03
0301170002000	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm	1.00	0.0178	120.00	2.14
						2.17

Partida **01.04.01** **BASE DE ESCORIA E=0.25m inc. EQUIPO**

(005)01.04.01
Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,500.0000** EQ. **1,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **2.05**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0005	23.04	0.01
0101010003	OPERARIO	hh	2.00	0.0107	20.95	0.22
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0053	16.98	0.09
0101010005	PEON	hh	1.00	0.0053	15.28	0.08
						0.40
	Materiales					
0290130022	AGUA	m3		0.0210	7.50	0.16
						0.16
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.40	0.01
0301200001000	MOTONIVELADORA 125 HP	hm	1.00	0.0053	177.97	0.94
0301220009	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 1,500 gl	hm	1.00	0.0053	101.69	0.54
						1.49

Partida **01.04.02** **IMPRIMACION ASFALTICA**

(005)01.04.02
Rendimiento **m2/DIA** MO. **4,500.0000** EQ. **4,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **3.93**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	2.00	0.0036	20.95	0.08
0101010005	PEON	hh	0.50	0.0009	15.28	0.01
						0.09
	Materiales					
0201050001000	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gal		0.3100	10.50	3.26
0207020001000	ARENA FINA	m3		0.0080	23.96	0.19
						3.45
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.09	
0301140006000	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP	hm	1.00	0.0018	101.69	0.18
0301220008	CAMION IMPRIMADOR	hm	1.00	0.0018	118.64	0.21

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 020100 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Fecha presupuesto 19/12/2018

0.39

Partida 01.04.03 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 60 mm

(005)01.04.03

Rendimiento m2/DIA MO. 3,000.0000 EQ. 3,000.0000 Costo unitario directo por : m2 26.92

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0003	23.04	0.01
0101010003	OPERARIO	hh	2.50	0.0067	20.95	0.14
0101010005	PEON	hh	0.50	0.0013	15.28	0.02
						0.17
	Materiales					
0201050005	MEZCLA ASFALTICA	m3		0.0600	381.36	22.88
						22.88
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.17	0.01
0301100005000	RODILLO TANDEM EST 8-10 ton	hm	1.00	0.0027	135.59	0.37
0301100006000	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101 -135HP 10-12 ton	hm	1.00	0.0027	135.59	0.37
0301220004000	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	4.00	0.0107	233.62	2.50
0301390010	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 105 HP 10-16	hm	1.00	0.0027	230.00	0.62
						3.87

Partida 01.07.03 PRUEBA DE CALIDAD DEL CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)

(008)01.07.03

Rendimiento und/DIA MO. 24.0000 EQ. 24.0000 Costo unitario directo por : und 84.75

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Equipos					
0301350003000	PRUEBAS DE CALIDAD DE CONCRETO ROTURA	und		1.0000	84.75	84.75
						84.75

Partida 01.05.06 JUNTAS DE DILATACIÓN EN SARDINEL C/5.00 m

(006)01.05.06

Rendimiento m/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : m 5.85

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0080	23.04	0.18
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0800	20.95	1.68
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0800	16.98	1.36
0101010005	PEON	hh	0.50	0.0400	15.28	0.61
						3.83
	Materiales					
0201050001000	ASFALTO RC-250	gal		0.0300	42.20	1.27
0210040001	TECNOPOR	pln		0.0694	9.24	0.64
						1.91
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.83	0.11
						0.11

Partida 01.05.05 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SARDINELES

(006)01.05.05

Rendimiento m2/DIA MO. 75.0000 EQ. 75.0000 Costo unitario directo por : m2 16.80

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0107	23.04	0.25
0101010003	OPERARIO	hh	1.50	0.1600	20.95	3.35
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.1067	16.98	1.81
0101010005	PEON	hh	0.50	0.0533	15.28	0.81
						6.22
	Materiales					
0204010002000	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.4000	3.85	1.54

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **020100 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA**

Fecha presupuesto **19/12/2018**

0204120001000	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4", 3", 2",1", 1/2", 1 1/2"	kg	0.0500	0.65	0.03
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2	1.8000	4.90	8.82
					10.39
	Equipos				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3.0000	6.22	0.19
					0.19

Partida **01.02.03** **TALA Y RETIRO DE ÁRBOLES**

(001)01.02.03

Rendimiento **und/DIA** MO. **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : und **34.02**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0800	23.04	1.84
0101010005	PEON	hh	2.50	2.0000	15.28	30.56
						32.40
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	32.40	1.62
						1.62

Partida **01.01.03** **SERVICIOS HIGIÉNICOSY VESTIDORES PROVISIONAL**

(001)01.01.03

Rendimiento **mes/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : mes **211.80**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0247110002	SERVICIOS HIGIENICOS Y VESTUARIOS	und		1.0000	211.80	211.80
						211.80

Partida **01.06.04** **SEÑALES REGULADORAS 0.60 X 0.90 m**

(007)01.06.04

Rendimiento **und/DIA** MO. **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : und **595.73**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.50	0.4000	23.04	9.22
0101010003	OPERARIO	hh	2.00	1.6000	20.95	33.52
0101010005	PEON	hh	0.50	0.4000	15.28	6.11
						48.85
	Materiales					
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2		0.6400	157.06	100.52
0228120022	COLOCACIÓN DE SEÑAL (INC. CIMENTACIÓN)	und		1.0000	64.70	64.70
0240060010000	TINTA SERIGRAFICA NEGRA	gal		0.0155	93.22	1.44
0240060010000	TINTA SERIGRAFICA ROJA	gal		0.0155	136.80	2.12
0255100007	RETARDADOR ECOVINIL	gal		0.0400	30.51	1.22
0263040002	POSTES DE FIJACIÓN	und		1.0000	321.29	321.29
0267110024	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	p2		6.0500	6.80	41.14
0271050142	PLATINA DE ACERO 1 1/2" X 1/8"	pza		0.3000	15.48	4.64
						537.07
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	48.85	1.47
0301030012	PERNOS 5/18" x 6" CON TUERCA Y ARANDELA	jgo		6.0000	1.39	8.34
						9.81

Partida **01.06.03** **PINTURA DE SARDINEL CON PINTURA DE TRÁFICO**

(007)01.06.03

Rendimiento **m/DIA** MO. **500.0000** EQ. **500.0000** Costo unitario directo por : m **2.75**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0016	23.04	0.04
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0160	20.95	0.34
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0160	16.98	0.27
0101010005	PEON	hh	0.50	0.0080	15.28	0.12

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 020100 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Fecha presupuesto 19/12/2018

						0.77
	Materiales					
0240020022	PINTURA ESMALTE PARA TRÁFICO - AMARILLA	gal		0.0180	48.22	0.87
0240060011	MICROESFERAS DE VIDRIO REFLECTIVA	kg		0.1050	3.22	0.34
0240080017	DISOLVENTE XILOL	gal		0.0300	17.00	0.51
						1.72
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.77	0.02
0301120005	MAQUINA PARA TRAZADO DE LINEAS	hm	0.50	0.0080	29.66	0.24
						0.26

Partida **01.02.02** **TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO**

(001)01.02.02

Rendimiento **m2/DIA** MO. **800.0000** EQ. **800.0000** Costo unitario directo por : m2 **0.72**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0010	23.04	0.02
0101010005	PEON	hh	1.00	0.0100	15.28	0.15
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.00	0.0100	20.05	0.20
						0.37
	Materiales					
0213030001000	YESO BOLSA 5 kg	bol		0.0070	7.73	0.05
0231040002	ESTACAS DE MADERA	p2		0.0200	4.90	0.10
0240020016	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.0020	29.70	0.06
						0.21
	Equipos					
0301000023	ESTACION TOTAL INC. TRIPODE	hh	1.00	0.0100	12.71	0.13
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.37	0.01
						0.14

Partida **01.05.02** **TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO**

(006)01.05.02

Rendimiento **m/DIA** MO. **500.0000** EQ. **500.0000** Costo unitario directo por : m **0.79**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0016	23.04	0.04
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0160	20.95	0.34
0101010005	PEON	hh	1.00	0.0160	15.28	0.24
						0.62
	Materiales					
0213030001000	YESO BOLSA 5 kg	bol		0.0070	7.73	0.05
0231040002	ESTACAS DE MADERA	p2		0.0200	4.90	0.10
						0.15
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.62	0.02
						0.02

Partida **01.03.02** **RELLENO CON MATERIAL PROPIO**

(002)01.03.02

Rendimiento **m3/DIA** MO. **600.0000** EQ. **600.0000** Costo unitario directo por : m3 **4.50**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0013	23.04	0.03
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0133	20.95	0.28
0101010005	PEON	hh	1.00	0.0133	15.28	0.20
						0.51
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.51	0.02
0301170002000	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm	1.00	0.0133	120.00	1.60
0301200001000	MOTONIVELADORA 125 HP	hm	1.00	0.0133	177.97	2.37
						3.99

Partida **01.03.04** **ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **020100 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA**

Fecha presupuesto **19/12/2018**

(002)01.03.04 (006)01.05.03
Rendimiento **m3/DIA** MO. **200.0000** EQ. **200.0000** Costo unitario directo por : m3 **23.53**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0040	23.04	0.09
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0400	20.95	0.84
0101010005	PEON	hh	0.50	0.0200	15.28	0.31
						1.24
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.24	0.04
0301160001000	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	0.50	0.0200	177.97	3.56
0301220004000	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	2.00	0.0800	233.62	18.69
						22.29

Partida **01.06.05** **SEÑALES PREVENTIVAS 0.60 X 0.60 m**

(007)01.06.05
Rendimiento **und/DIA** MO. **25.0000** EQ. **25.0000** Costo unitario directo por : und **563.42**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.50	0.1600	23.04	3.69
0101010003	OPERARIO	hh	2.00	0.6400	20.95	13.41
0101010005	PEON	hh	0.50	0.1600	15.28	2.44
						19.54
	Materiales					
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2		0.6400	157.06	100.52
0228120022	COLOCACIÓN DE SEÑAL (INC. CIMENTACIÓN)	und		1.0000	64.70	64.70
0240060010000	TINTA SERIGRAFICA NEGRA	gal		0.0155	93.22	1.44
0255100007	RETARDADOR ECOVINIL	gal		0.0400	30.51	1.22
0263040002	POSTES DE FIJACIÓN	und		1.0000	321.29	321.29
0267110024	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	p2		6.0500	6.80	41.14
0271050142	PLATINA DE ACERO 1 1/2" X 1/8"	pza		0.3000	15.48	4.64
						534.95
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	19.54	0.59
0301030012	PERNOS 5/18" x 6" CON TUERCA Y ARANDELA	jgo		6.0000	1.39	8.34
						8.93

Partida **01.05.08** **CURADO DE CONCRETO**

(006)01.05.08
Rendimiento **m2/DIA** MO. **180.0000** EQ. **180.0000** Costo unitario directo por : m2 **1.59**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0044	23.04	0.10
0101010003	OPERARIO	hh	0.50	0.0222	20.95	0.47
0101010005	PEON	hh	1.00	0.0444	15.28	0.68
						1.25
	Materiales					
0290130022	AGUA	m3		0.0400	7.50	0.30
						0.30
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.25	0.04
						0.04

Precios y cantidades de recursos requeridos

Obra 0201005 EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA

Fecha 01/12/2018

Lugar 110104 ICA - ICA - OCUCAJE

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		MANO DE OBRA			
0101010002	CAPATAZ	hh	68.9100	23.04	1,587.77
0101010003	OPERARIO	hh	981.6600	20.95	20,565.68
0101010004	OFICIAL	hh	309.7800	16.98	5,260.00
0101010005	PEON	hh	422.7900	15.28	6,460.30
0101030000	TOPOGRAFO	hh	62.4600	20.05	1,252.30
					35,126.05
		MATERIALES			
02010500010001	ASFALTO RC-250	gal	1.1100	42.20	46.71
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gal	1,939.1900	10.50	20,361.54
0201050005	MEZCLA ASFALTICA	m3	374.7300	381.36	142,905.51
0203020002	FLETE TERRESTRE POR VIAJE (IDA Y VUELTA)	glb	1.0000	8,000.00	8,000.00
0203020004	FLETE TERRESTRE DE ECOGRAVILLA	glb	1.0000	66,737.29	66,737.29
0203020008	FLETE TERRESTRE DE MATERIALES	glb	1.0000	749.92	749.92
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg	72.5200	4.66	337.92
02040100020002	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg	298.9700	3.85	1,151.03
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,951.0300	1.46	4,308.51
02041200010009	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4", 3", 2",1", 1/2", 1 1/2"	kg	34.4900	0.65	22.42
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	3.1700	49.60	157.01
02070200010001	ARENA FINA	m3	49.5300	23.96	1,186.72
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	1.6400	38.14	62.59
0207030001	HORMIGON	m3	0.1500	45.88	6.88
0207040006	ESCORIA (PRECIO EN DONACIÓN)	m3	1,561.4700	0.00	0.00
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2	7.0400	157.06	1,105.72
0210040001	TECNOPOR	pln	2.5500	9.24	23.54
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	25.7400	18.81	484.20
02130300010002	YESO BOLSA 5 kg	bol	51.6500	7.73	399.27
0228120022	COLOCACIÓN DE SEÑAL (INC. CIMENTACIÓN)	und	11.0000	64.70	711.70
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2	1,370.3600	4.90	6,714.74
0231040002	ESTACAS DE MADERA	p2	149.9400	4.90	734.71
0231220002	PANEL DE GIGANTOGRAFÍA DE TELA PANAFLEX	und	1.0000	254.00	254.00
0240020016	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal	12.4900	29.70	371.00
0240020021	PINTURA ESMALTE PARA TRÁFICO - BLANCA	gal	8.1600	55.00	448.91
0240020022	PINTURA ESMALTE PARA TRÁFICO - AMARILLA	gal	3.3200	48.22	160.01
02400600100001	TINTA SERIGRAFICA NEGRA	gal	0.1700	93.22	15.84
02400600100002	TINTA SERIGRAFICA ROJA	gal	0.0200	136.80	2.12
0240060011	MICROESFERAS DE VIDRIO REFLECTIVA	kg	67.3000	3.22	216.70
0240080017	DISOLVENTE XILOL	gal	19.1200	17.00	325.05
0247110002	SERVICIOS HIGIENICOS Y VESTUARIOS	und	2.0000	211.80	423.60
0255100007	RETARDADOR ECOVINIL	gal	0.4400	30.51	13.42
0263040002	POSTES DE FIJACIÓN	und	11.0000	321.29	3,534.19
0267110024	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	p2	66.5500	6.80	452.54
0271050142	PLATINA DE ACERO 1 1/2" X 1/8"	pza	3.3000	15.48	51.04
0290130022	AGUA	m3	1,274.2300	7.50	9,556.71
02902400010028	CASETA DE MADERA TORNILLO ADICIONAL TECHADA	und	1.0000	20.59	20.59
0290250009	ESCRITORES DE OFICINA	und	1.0000	55.08	55.08
0290250010	SILLAS DE OFICINA	und	3.0000	30.54	91.62
					272,200.35
		EQUIPOS			
0301000023	ESTACION TOTAL INC. TRIPODE	hh	62.4600	12.71	793.85
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			135.27
0301030012	PERNOS 5/18" x 6" CON TUERCA Y ARANDELA	jgo	66.0000	1.39	91.74
03011000050001	RODILLO TANDEM EST 8-10 ton	hm	17.0400	135.59	2,310.97
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	48.3700	135.59	6,558.16
0301120005	MAQUINA PARA TRAZADO DE LINEAS	hm	29.8900	29.66	886.53

Precios y cantidades de recursos requeridos

Obra **0201005** **EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA**

Fecha **01/12/2018**

Lugar **110104** **ICA - ICA - OCUCAJE**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
03011400060002	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP	hm	11.0600	101.69	1,124.26
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	15.8900	177.97	2,827.12
03011700020001	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1/2 y3	hm	28.1500	120.00	3,377.44
03012000010004	MOTONIVELADORA 125 HP	hm	54.9100	177.97	9,772.40
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	130.3700	233.62	30,457.13
0301220008	CAMION IMPRIMADOR	hm	11.0600	118.64	1,311.62
0301220009	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 1,500 gl	hm	41.1500	101.69	4,184.73
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"	hm	43.9300	12.71	558.33
0301290004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	43.9100	25.03	1,099.10
03013500030003	PRUEBAS PROCTOR MODIFICADO DE CAMPO	und	4.0000	127.12	508.48
03013500030004	DISEÑO DE MEZCLA P/CONCRETO	pza	4.0000	296.61	1,186.44
03013500030005	PRUEBAS DE CALIDAD DE CONCRETO ROTURA	und	4.0000	84.75	339.00
0301390010	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 105 HP 10-16	hm	16.8400	230.00	3,872.44
					71,395.01
				TOTAL S/.	**378,721.41**

CAPITULO V
PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CAPITULO V

PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

- Resultados de Estudios de Suelo:

El suelo ha sido investigado a través de 3 pozos de exploración: C-1, C-2, C-3, a una profundidad de 1.50m, presentándose en campo vista de 1 estrato, las cuales presentan una clasificación de Arena Limosa (SM), con clasificación AASHTO A-2-4 (0) medianamente compacta, humedad promedia desde 7 a 15%, y de color beige en su estrato. Se realizó el ensayo Próctor y CBR a la Calicata 2, lo cual se calificó al terreno de fundación como subrasante regular (<10%), este ensayo se sumergió los moldes por 4 días el cuál se midió su expansión en una totalidad de 0.43% y un porcentaje de hinchamiento del 1.86%. Posee un índice de plasticidad promediando a 1.50. Cabe mencionar que en la exploración de las 3 calicatas no se obtuvo nivel freático. Además, se obtuvo una densidad seca in situ, a través del ensayo de Densidad de Campo por el Método de Cono de Arena un total de 1.50 gr/cm3.

CBR – Calicata 2:

- Valor del CBR al 95% M.D.S = 8.26% a 0.1" de penetración
- Valor de CBR al 100% M.D.S = 18.59% a 0.1" de penetración

- Resultados de Estudio de Cantera (Ecogravilla):

Desde la cantera de Aceros Arequipa S.A, se tomaron muestras de Agregado Grueso y Fino, para crear en porcentajes nuestro afirmado para el pavimento, a través de los ensayos de Análisis Granulométricos, en el cual se tuvo que, cumple con la gradación B (Según MTC), de acuerdo con una combinación aproximada de 45% de Agregado Fino y 55% de Agregado Grueso. Por lo tanto, por clasificación SUCS se tiene una Grava Bien Graduada – Grava Limosa (GW-GM), y por Clasificación AASTHO A-1-a (0), la Escoria fina llega a tener un Índice de Plasticidad de 1.63 (LL= 18.59 y LP= 16.96). Se realizó el Ensayo de Proctor Modificado y CBR a la Ecogravilla tomándose como estudio un total de 10 muestras con la proporción

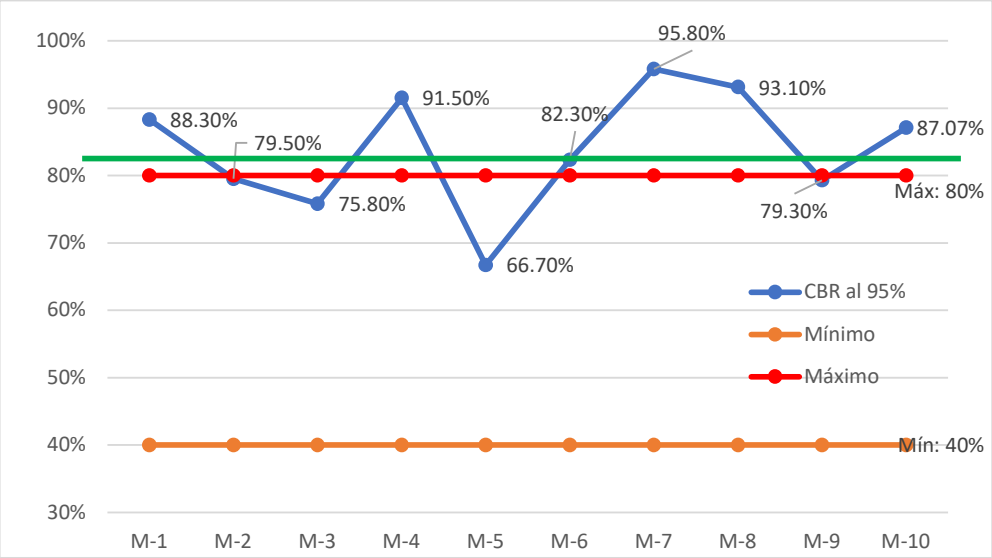
indicada en el Análisis Granulométrico, el cual cumple con las gradaciones indicadas por la norma, por lo que se obtuvo los siguientes resultados:

ENSAYO	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
CBR AL 95%	88.30	79.50	75.80	91.50	66.70	82.30	95.80	93.10	79.30	87.07
MDS (gr/cc)	2.09	2.07	2.10	2.04	2.10	2.08	2.10	2.07	2.08	2.13

Por lo que se obtiene un promedio de 83.94% de CBR al 95% con 0.2" de penetración y 2.09 de Máxima Densidad Seca, con lo que se realizó el diseño de pavimento correspondiente.

CBR – Ecogravilla:

- Valor promedio del CBR al 95% M.D.S = 83.94% con 0.2" de penetración
- Valor promedio de CBR al 100% M.D.S = 267.55 % a con 0.2" de penetración



5.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

De acuerdo con las características observadas y evaluadas, podremos manifestar los siguientes puntos:

La ecogravilla analizada en laboratorio posee las mismas características ya mencionadas como una piedra tradicional, su manipuleo posee puntos como su alto peso específico, el porcentaje de Abrasión que varía los 30% (Inf. Aceros Arequipa

S.A). De acuerdo con los Requisitos de la Norma de Pavimentos Urbanos CE.010, se tiene la tabla resumen de:

ASTM	ESCORIA	ESP. TÉCNICAS	OBSERVACION
% QUE PASA Nº200 (GRADACIÓN B)	5.02%	5% – 15%	CUMPLE
Límite Liquido (Escoria Gruesa - Fina)	NP - 18.59%	25% máx.	CUMPLE
Límite Plástico	16.96%	19% Máx.	CUMPLE
Índice de Plasticidad	1.63%	4% Máx.	CUMPLE
CBR al 95% de la MDS (*)	83.94%	40% - 80% Min	CUMPLE
Abrasión (**)	31.33%	40%-50% máx.	CUMPLE

(*) CBR para Vías Locales y Colectoras, exige un Mínimo de 80% para Bases (Tráfico Ligero) y un Mínimo de 40% para Sub-bases.

(**) Información otorgada por Corporación Aceros Arequipa S.A - 2006

- El Peso específico saturado de la Escoria Gruesa, que se presentó en el ensayo, es muy variable, ya que; las escorias pueden tener una alta porosidad con un bajo peso específico o en algunos casos muy cementadas y pesadas con alto valor de peso específico, se obtuvo un promedio de 2.70 gr/cm^3 lo que lo califica como un material duro, debido a la presencia de material ferroso.
- La Escoria Fina, de acuerdo con su peso específico hallado en laboratorio, posee un promedio de 3.10 gr/cm^3 debido a que en sus partículas existe material de fierro, por lo que interviene en su densidad y su resistencia.

Valores muy similares obtenido según los informes de escorias de Aceros Arequipa S.A, cómo también el antecedente local de estudio de Escorias (MARQUINA SIERRA, MARCOS ADRIÁN – 2016), (INFORME ACEROS AREQUIPA S.A – 2006)

Resultados de Análisis Químicos de la Ecogravilla:

ASTM	ESCORIA	R.N.E.	OBSERVACION
SST (ppm)	3984 ppm	5500 ppm - 10000 máx	CUMPLE
Cloruros (Cl^-)	735 ppm	1000 ppm – 6000 ppm	CUMPLE
Sulfatos (SO_4)	755 ppm	Moderado (En agua) $150 \leq SO_4 \leq 1500$	CUMPLE
pH	MUY FUERTEMENTE ALCALINO		

SST: Se considera 5500 ppm como máximo para la posibilidad de ser usado como material de base, y de 10000 ppm para material de sub-base. De acuerdo con calidad, se recomienda que para los agregados deben poseer menos del 0.5% de sales solubles.

Cloruros: De acuerdo con el ensayo realizado, según la norma, si este supera los 1000 ppm se recomiendan las protecciones necesarias ante contacto de cimentación o suelo al agua.

Sulfatos: De acuerdo con el reglamento, existen grados de exposición de sulfatos en agua, el cual la escoria se encuentra en el rango moderado, y tomar las protecciones necesarias.

pH: Por encima 10 es fuertemente alcalino y conlleva un elevado porcentaje de Na intercambiable. La actividad microbiana es escasa y hay poca disponibilidad de micronutrientes (Concepto agrícola). Al poseer la escoria un pH elevado mayor a 10 (Porcentaje considerable de sodio y potasio), posee una estructura pobre y densa, el cual la caracteriza como un material de permeabilidad lenta y de baja capacidad de infiltración. Por lo tanto, su uso y su contacto con el agua no significa una afección grave en su calidad.

En conclusión, respecto a los resultados químicos se tiene que, existe una evidencia de investigación en que, los valores químicos son aceptables para ser tratados junto a agua y expuesto a la misma, como también su uso no tuvo problemas

junto al suelo. (MARQUINA SIERRA, MARCOS ADRIÁN - 2016) y (INFORME ACEROS AREQUIPA – 2006)

- Diseño de Espesores con Escoria:

Se tomó como espesor final un pavimento en total de 31 cm, considerando la base de escoria de 25 cm, y 6 cm de Carpeta Asfáltica, diseñado por el Método AASHTO 93.

- Referente a Costos:

La pavimentación del Centro Poblado 'San José de Pinilla' (Inc. Sardineles), llega a tener un costo total de S/ 515,167.85 Soles (Inc. IGV) en aproximadamente 700 metros, tomando el uso de la Ecogravilla, se dio un diseño de pavimento flexible de espesor total 31 cm, con una carpeta asfáltica en caliente de 6 cm. De acuerdo a lo presupuestado, en la construcción del Pavimento Flexible, accede a una suma de (Costo Directo – Sin IGV) S/ 205,489.12 Soles; considerando precios promedio de afirmado convencional (Canteras conocidas en el mercado) por m3 S/ 29.98 (Sin IGV) asciende a S/ 252,333.15 Soles, una diferencia de S/ 46,844.03 Soles, que equivale a un 18.56% de ahorro con el uso de la Escoria.

  - Respecto al flete, Aceros Arequipa S.A en el Anexo 2, hace un análisis de costos que hace referencia al procesamiento de la Ecogravilla, con un precio de S/. 38.42 por m3 (Precio Julio-2012), equivalente al transporte del material a 62 km de distancia. Tomando una actualización de costos mediante los índices unificados de la INEI al mes de (Mayo), se obtiene un precio de S/. 41.00 por m3, este valor es variable.

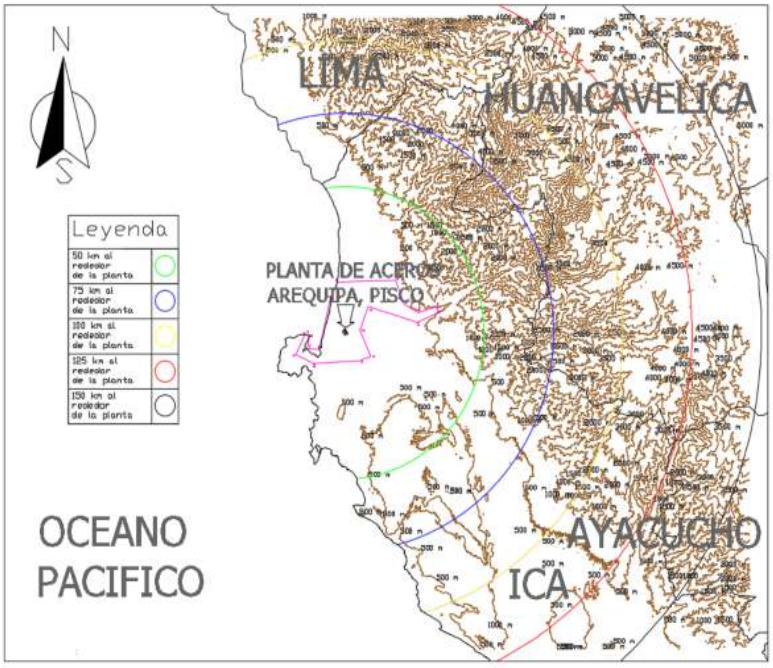
Reajustando costo al año 2020:

$$Precio_{2020} = Precio_{2020} * \frac{(32) Mayo\ 2020}{(32)\ Julio\ 2012} \rightarrow 38.42 * \frac{479.79}{449.56}$$

$$\boldsymbol{Precio_{2020} \rightarrow S/41.00\ x\ m^3\ para\ transportar\ a\ 62\ km}$$

$$\boldsymbol{Se\ tiene\ un\ ratio\ de: S/\ 0.66\ m^3/\ km}$$

Según la Tesis, "Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales" (2019) por Figueroa Chavez, Ilich Darient; Mamani Quinto, Carlos Clinton. Establecen radios de factibilidad económica, el cual, establecen distancias variadas desde la Planta de Aceros Arequipa S.A, calificando por intervalos las viabilidades del uso de la Escoria, como se muestra a continuación:



Intervalo de Distancia	Viabilidad (*)	Calificación
0 – 50 km	100% viable	Alta
75 – 100 km	70% viable	Intermedia
125 – 150 km	35% viable	Baja

Elaboración propia.

(*) datos variables

Fuente: Tesis 2019: “Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de Aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales”

Entonces, el Centro Poblado de San José de Pinilla, se encuentra en el rango de viabilidad intermedia, entre 70% viable, este dato puede ir variando a la distancia, costo y facilidad de transporte de la Ecogravilla.

CAPITULO VI

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

CAPITULO VI

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

A través de un análisis descriptivo; después de haberse dado el análisis experimental y analítica de las muestras supuestas en el estudio referente a las Escorias de Arco Eléctrico de Aceros Arequipa S.A, se dará el contraste hacia las Hipótesis plateadas en el presente trabajo de investigación mediante la evaluación de nivel de correlación y significatividad de las variables, a través de pruebas de Normalidad y de Homogeneidad de datos estadísticos obtenidos.

Análisis Descriptivo de los datos:

Descriptivos			Estadístico
CBR	Media		83.9370
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	77.5478
		Límite superior	90.3262
	Mediana		84.6850
	Varianza		79,771
	Desviación estándar		8.93144
	Mínimo		66.70
	Máximo		95.80
DENSIDAD_S	Media		2.0860
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2.0687
		Límite superior	2.1033
	Mediana		2.0850
	Varianza		,001
	Desviación estándar		.02413
	Mínimo		2.04
	Máximo		2.13

***Normalidad de Datos: Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR	,137	10	,200*	,961	10	,803
DENSIDAD_S	,181	10	,200*	,956	10	,744

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. **Corrección de significación de Lilliefors**

La prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para los valores de CBR y Densidad Seca muestra un estadístico de 0.137 y 0.181 respectivamente.

Bajo la hipótesis:

H0: la Muestra proviene de una distribución normal

H1: La Muestra no proviene de una Distribución normal

Según los valores del grado de significancia de 0.200 se acepta H0, y se concluye los datos presentan una distribución normal (0.200>0.05).

***Homogeneidad de Datos:**

H0: Las varianzas del grupo para la misma variable son iguales

H1: Las varianzas del grupo para la misma variable son diferentes

Prueba de homogeneidad de varianzas

CBR

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,474	2	4	,200

Según el valor de la significancia > 0.05, se acepta la hipótesis H0, por lo que se puede mencionar que las varianzas son iguales entre los grupos realizados para la misma variable.

Se observa cumplimiento de los supuestos analizados, por lo que se realiza la tabla de ANOVA:

ANOVA

CBR

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	177,749	5	35,550	,263	,912
Dentro de grupos	540,187	4	135,047		
Total	717,935	9			

Como el valor de la significancia es mayor a 0.05 **(0.912>0.05),** se puede aceptar la hipótesis general que los valores obtenidos en las muestras para el CBR presentan promedios iguales o similares al valor real y para este proceso se usó como factor a la Máxima Densidad Seca.

Por otro lado, evaluando la correlación entre la variable CBR y Máxima Densidad Seca se puede observar que estas se relacionan de manera inversa, pero existe poca asociación dado que se tiene el valor de –0.216 (baja correlación).

Correlaciones

		CBR	DENSIDAD_S
CBR	Correlación de Pearson	1	-,216
	Sig. (bilateral)		,548
	N	10	10

Por lo tanto, se manifiesta qué, de acuerdo a las muestras estudiadas se obtienen diferentes valores, con las variaciones estadísticas ya indicadas. Cabe resaltar que durante el manipuleo y estudio de la Ecogravilla, desde su salida del horno de arco eléctrico, los agregados triturados poseen composición química variable (% de Hierro variable), el cual interfiere mucho en las características mecánicas y físicas del material durante los ensayos de laboratorio.

Por otro lado, La curva granulométrica de la Ecogravilla, de acuerdo al estudio de canteras realizado por los agregados finos y gruesos de esta, se obtiene que cumple con la gradación dada por las Especificaciones Técnicas de la Norma, cuya observación se da, en que la Ecogravilla se caracteriza por ser un afirmado en presentar

baja cantidad de finos, como se aclara en la presente tesis, que se obtuvo un valor de 5.02%, el cual se encuentra en el rango requerido por la norma. Por lo tanto, la Hipótesis es aceptada, debido a que cumple con las especificaciones indicadas ya anteriormente.

6.1 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

Según lo mostrado en la Discusión de Resultados, los requisitos de la Norma de Pavimentos Urbanos CE.010, la Ecogravilla cumple con las Especificaciones Técnicas para ser utilizada en Bases y Sub-bases para Pavimentos, ya que cumple con las características físicas, mecánica y químicas.

Por lo tanto, se acepta la Hipótesis general qué, la Eficiencia de la Ecogravilla si influye en el Diseño de Pavimentos Flexible en el Centro Poblado San José de Pinilla (CENTRO) OCUCAJE - ICA

6.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

A lo mencionado anteriormente, se tiene que los valores de CBR y los valores de Máxima Densidad Seca (Próctor Modificado) poseen cada uno, un grado de significancia y homogeneidad aceptable, así la curva granulométrica cumple con las especificaciones técnicas de la Norma de Pavimentos Urbanos. por lo tanto, se aceptan las Hipótesis Específicas qué:

- El Nivel de Capacidad Portante (CBR) de la Eficiencia de la Ecogravilla si influye en el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje – Ica
- El Grado de Compactación (Próctor) de la Eficiencia de la Ecogravilla sí influye en el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje – Ica
- La Curva Granulométrica de la Eficiencia de la Ecogravilla sí influye en el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado San José de Pinilla (Centro) Ocucaje – Ica

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- Se concluye que la Eficiencia de la Ecogravilla incidió positivamente en el Diseño de Pavimentos Flexibles en el Centro Poblado 'San José de Pinilla' (CENTRO), debido a que se definió y cumplió con los requisitos normativos de calidad para Bases y Sub-bases, por lo que se pudo alcanzar los objetivos específicos y el objetivo general, resolviendo el problema planteado en la tesis.
- Respecto a la granulometría de la Ecogravilla, se concluye que cumple con los rangos establecidos de la Gradación B (%QUEPASA), teniéndose cómo observación el porcentaje de finos de la Malla #200 (5%-15%).
- En cuanto a las características de Compactación y CBR, se concluye que la Ecogravilla posee resistencia adecuada para el uso en Bases y Subbases, y cómo también la densidad similar a una piedra tradicional.
- Se concluye que el empleo de la escoria ofrece la posibilidad de reciclar un residuo que ocupa un espacio importante en la Planta de Aceros Arequipa S.A; cómo también, se reduce la explotación de canteras que perjudican a la biodiversidad, impactos geológicos, alteraciones atmosféricas, destrucción y modificación del paisaje y características geomorfológicas, etc.
- La hipótesis planteada se concluye que la Ecogravilla influye en el Diseño de Pavimentos Flexibles, teniendo que sus características son similares a las características de una piedra tradicional obtenidas de los ensayos de laboratorio.
- Se concluye que, de acuerdo con los ensayos realizados en la Facultad de Ingeniería Civil – UNICA, las escorias tanto finas o gruesas de la Planta de Aceros Arequipa S.A de la Ciudad de Pisco, posee características geotécnicas para su empleo en obras de pavimentación.
- Según el presupuesto planteado de la investigación, se concluye que el uso de la Ecogravilla, se obtiene un ahorro por reemplazo de la piedra Tradicional (Aproximadamente un 20%), pero también un derivado de costos respecto al flete del material no comercial.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda el uso de la Ecogravilla para pavimentación de vías, debido a las correctas propiedades de la Escoria obtenida en los ensayos de laboratorio, posee características similares a las de una piedra tradicional de cantera según establece la norma vigente.
- Se recomienda usar un material fino de tal manera que se encuentre en el valor promedio del %Que pasa del tamiz #200 (5%-15%), como se hace mención en los Anexos (I y II), el uso de Polvo de Acería (Opción) o cómo también el uso de cal o finos de otra cantera.
- Se recomienda aprovechar las propiedades de compactación y capacidad portante de la Ecogravilla, para su uso en pavimentación de vías, o aplicaciones afines en diferentes zonas del distrito.
- Se recomienda en promover la investigación y estudio de materiales siderúrgicos, como la Ecogravilla, permitiendo evaluarse distintas aplicaciones en el Campo de Estudio de la Ingeniería Civil, generando una innovación y conciencia de desarrollo sostenible. Invitando a su vez, a las Municipalidades y/o empresas a la inversión de la Ecogravilla para la pavimentación de vías, generando beneficios referentes a costos y desarrollo.
- Se recomienda realizar una evaluación cuidadosa y detallada de estudio de escorias a proyectarse en una zona de estudio ya que los resultados pueden ser variables al momento de realizar un diseño del pavimento.
- Se recomienda el uso de algún fino ligante que aumente el porcentaje de finos a un mínimo de 10%, de tal manera que se ejecute un diseño de canteras y se obtenga un material con mayor liga o cementante junto a las partículas de la Ecogravilla.
- Se recomienda un análisis de costo respecto al uso de la Ecogravilla, debido a que su actual no comercialización, podría ser beneficioso para zonas cercanas a las de su producción, ya que va en función a la distancia para el traslado del material.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Norma CE.010 Pavimentos Urbanos
- Guía AASHTO 93 – Diseño De Pavimentos - En español
- Manual De Ensayos Del Ministerio De Transportes Y Comunicaciones
- Normas ASTM International
- Informe De Escorias – Corporación Aceros Arequipa S.A
- Ingeniería De Pavimentos – ICG
- Diario "El Peruano"
- Corporación Aceros Arequipa S.A – Reportes De Sostenibilidad 2019
- Apuntes De Clase Del Curso De Pavimentos
- Uso De Las Escorias Obtenidas Como Sub Producto De La Elaboración De Acero De La Planta Nº 2 De Aceros Arequipa – Pisco Para Fines De Cimentación Y Pavimentación – Marquina Sierra, Marcos Adrian (LIMA - 2008)
- Estabilización De La Sub Rasante Mediante El Uso De Escoria De Hornos Eléctricos En La Pavimentación Del Jr. Bolognesi Del PP.JJ Dos De Mayo – Chimbote – Dennys León Ulloa Y Elmer Peña Armas (CHIMBOTE)
- Viabilidad Para El Uso De La Escoria De Acería Eléctrica Como Agregado En Mezcla Asfáltica En La Ciudad De Chimbote – Choque Hinojosa, Rubén Darío. (HUANCAVELICA 2012)
- Impacto En La Resistencia A La Compresión Y Permeabilidad Del Concreto A Partir De La Sustitución De La Piedra Por Ecogravilla De Escoria De Acero – Corcuera Sigüenza, Anthony y José Rafael Vela Fernández (TRUJILLO 2018)
- Estudio De Durabilidad Del Hormigón Con Áridos Siderúrgicos De Horno De Arco Eléctrico – Yolanda Pérez Fernández (BARCELONA - 2015)
- Aprovechamiento De Escorias Blancas (LFS) Y Negras (EAFS) De Acería Eléctrica En La Estabilización De Suelos Y En Capas De Firmes De Caminos Rurales – Vanesa Ortega López (BURGOS - 2011)

ANEXOS

- **RECONOCIMIENTO DE CAMPO:**

- **FOTOGRAFÍAS DE ESTUDIO DE SUELOS:**

CALICATA 1:

CALICATA 2:

CALICATA 3:

- **FOTOGRAFÍAS DE ESTUDIO DE TRÁFICO:**

En el estudio de tráfico realizado en las horas ya especificadas se encontró en resumen los siguientes vehículos en tránsito de la zona.

VISITA A PISCO - PLANTA Nº 2 – CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A – CANTERA DE ECOGRAVILLA:[39]

BLOQUES/BARRERAS DE CONCRETO PARA SEPARACIÓN DE VÍAS, HECHOS CON ECOGRAVILLA.
ESTUDIO PILOTO INDICADO EN ACÁPITE 3.2 ECOGRAVILLA

[39] Fotografías de Fuente propia

EXISTE EN STOCK DESDE MATERIAL GRUESO (2 ½" a 3/8") HASTA MATERIAL FINO, EN ESTADO NATURAL PREVIO PROCESO DE CHANCADO Y TAMIZADO, DISTRIBUIDA EN TODA LA PLANTA.

CANTERA DE ECOGRAVILLA
PLANTA Nº 2 CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A

MATERIAL DE CANTERA EXPUESTO A CIELO ABIERTO, HUMEDAD MUY BAJA SIN EXPOSICIÓN A MATERIAL ORGÁNICO CON PRESENCIA PEQUEÑA DE CHATARRA.

ECOGRAVILLA EN TAMAÑO DE 3/8", SE OBSERVA SU CARACTERÍSTICA POROSA, COLOR NEGRO CON RASTROS ROJIZOS (PROPIO DE LA CHATARRA Y MINERAL DE HIERRO)

ANEXO 1:

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Integración Nacional y el Reconocimiento de Nuestra Diversidad"

Lima, 06 AGO. 2012

OFICIO N°692-2012-MTC/14

CORP. ACEROS AREQUIPA S.A.
LIMA 3478
V°B° RECIBIDA Fecha: 13/08/12.
V°B° CONTESTADA Fecha:
V°B° Con Carta N°
PARA:

Ingeniero:
PABLO DIAZ AQUINO
Gerente de Planeamiento y Desarrollo
Corporación Aceros Arequipa S.A.
Av. Enrique Meiggs 297
Parque Internacional de Industria y Comercio, Callao 1
Callao.-

Asunto : Utilización de escorias de acería en trabajos relativos a pavimentación de Infraestructura

Ref. : a) Carta S/N – PD N° 047213
b) Informe N° 031-2012-MTC/14.01.

Me dirijo a usted, en atención a su comunicación a) de la referencia, para poner en su conocimiento que la Dirección de Estudios Especiales de esta Dirección General, ha informado a través del documento de la referencia b) cuya copia se adjunta, que luego de la revisión del estudio presentado y los resultados de la inspección efectuada a las vías internas de la Planta de su representada ubicada en Pisco, dichos materiales, convenientemente dosificados con polvo de acería o polvo de reducción directa, pueden ser utilizados en trabajos de pavimentación vial relativos a mejoramiento de sub rasante, sub base o base, como alternativa a los materiales convencionales, cumpliendo con los requisitos establecidos por las Especificaciones Técnicas Generales de Construcción de Carreteras. En esta última, se incluirá para que formen parte de los materiales alternativos.

En tal sentido, dicho informe ha sido remitido al Gobierno Regional de Ica, a las Municipalidades Provinciales de Ica y Pisco, así como a las Direcciones Nacionales de Construcción y de Urbanismo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a fin de que evalúen la posibilidad de empleo de dichos materiales como alternativa a los materiales convencionales, teniendo en consideración que su representada proporcionará los mismos en forma gratuita, incluyendo su carguío en la Planta.

Asimismo, a solicitud de dichas entidades públicas, esta Dirección General a través de la Dirección de Estudios Especiales, les brindará apoyo técnico para las fases de diseño ejecución y evaluación ex post.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

WALTER N. ZECENARRO MATEUS
DIRECTOR GENERAL
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES – Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.
PLANTA N° 2 - PISCO
GERENCIA DE PLANEAMIENTO Y DESARROLLO
23 AGO. 2012
RECIBIDO

www.mtc.gob.pe
Jirón Zorritos 1203
Lima, Lima 01 Perú
(511) 615-7800

ANEXO 2:

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Integración Nacional y el Reconocimiento de Nuestra Diversidad"

CARGO

M.T.C.
DIRECCIÓN GRAL. DE CAMINOS Y FERROCARRILES
RECIBIDO
10 JUL 2012

INFORME N° 07 - 2012- MTC/14.01

A	:	**WÁLTER ZECENARRO MATEUS** Director General de Caminos y Ferrocarriles
DE	:	**ALEJANDRO SALAZAR AHUMADA** Director de Estudios Especiales (e)
ASUNTO	:	Estudio del suelo de subrasante, subbase y base estabilizados con escorias de horno eléctrico para obras de pavimentación – informe técnico
REF.	:	a) Memorandum N° 094-2012-MTC/14.04 b) Memorandum N° 040-2012-MTC/14.01.SGC.mgr
FECHA	:	Lima, 10 JUL. 2012

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en relación al asunto y documentos de la referencia, para informarle lo siguiente:

1. Con documento a) de la referencia, la Dirección de Normatividad Vial de la DGCF, remitió un volumen anillado denominado "ESTUDIO DEL SUELO DE SUBRASANTE, SUBBASE Y BASE ESTABILIZADOS CON ESCORIAS DE HORMO ELÉCTRICO PARA OBRAS DE PAVIMENTACIÓN – INFORME TÉCNICO", elaborado por la firma AC Ingenieros Consultores SAC a solicitud de la Corporación Aceros Arequipa, sugiriendo que las escorias de hornos eléctricos sean incorporados en la normativa del MTC para la construcción de carreteras.
2. La Dirección de Estudios Especiales ha efectuado la revisión del Estudio presentado y en forma conjunta con la Dirección de Normatividad Vial efectuó una visita a la Planta que la Corporación Aceros Arequipa que tiene la ciudad de Pisco, Departamento de Ica, con el objeto de verificar el procesamiento y almacenamiento de las escorias y el comportamiento de las vías internas de la planta que se encuentran asfaltadas, en donde se ha empleado las escorias en las capas de subrasante, subbase y base, las mismas que presentan un buen comportamiento tal como se indica en el Informe.
3. De la revisión del estudio presentado y de la inspección realizada in situ, se ha elaborado el INFORME PRELIMINAR que se adjunta, del que establecen las siguientes **conclusiones:**

   3.1 Las escorias de hornos eléctricos han sufrido diferentes procesos hasta su presentación final como material triturado con tamaño máximo de 2 pulgadas y se encuentran acopiados en gran volumen en la planta de Pisco. También se encuentran acopiados Polvo de Acería y Polvo de Reducción Directa para su uso como material fino que se debe agregar a las escorias según el uso granulométrico que se emplee.

LABORATORIO DEE Av. Túpac Amaru N°160

3.2 Las escorias de hornos eléctricos pueden ser utilizados en capas de mejoramiento de subrasante, subbases y bases, en carreteras pavimentadas, para cuyo efecto, definido el uso granulométrico a emplear, se tendrá que añadir polvo de acería o polvo de reducción directa. Para el caso de las vías internas de la Planta de Piso, se ha utilizado la dosificación 90-93% escoria y 10-07% polvo de acería o polvo de Reducción Directa.

3.3 Eventualmente, puede ser utilizados como afirmado de carreteras, al igual que un afirmado convencional, que requerirá de constante mantenimiento

3.4 La Corporación Aceros Arequipa ha ofrecido en forma gratuita proporcionar tanto el material de escoria como el material de polvo, e incluso proporcionarán el carguío, por lo que tanto los Gobiernos Regionales como las Municipalidades puede beneficiarse con este material en la construcción de sus vía, con la única limitante de la distancia de transporte a la que se debe acarrear el material.

3.5 Como referencia de costos, se ha efectuado el cálculo de costos del procesamiento del material convencional para base, que incluye extracción en cantera, chancado y carguío del material al volquete, lo que da un costo de S/. 38.42 por m3, monto equivalente al transporte de 1 m3 a la distancia del material de escoria a una distancia de 62 Km, como se puede apreciar en al anexo adjunto. Esto significa, que el material de escorias puede usarse sin ninguna limitación hasta 62 Km. del Depósito de almacenamiento de Planta de Pisco. Para mayores distancias habrá que efectuar el análisis de costos, correspondiente en función de la ubicación de la cantera para procesar el material convencional.

3.6 Las escorias de hornos eléctricos pueden incorporarse a nuestra normativa vial, como material alternativo en trabajos de mejoramiento de subrasante, subbases y bases, siempre que cumplan con las especificaciones técnicas señaladas en cada caso.

Es todo cuanto informo a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
Dirección de Estudios Especiales

Ing. Alejandro Salazar Ahumada
Dirección de Estudios Especiales
DIRECTOR (E)

ANEXO 3:

CALCULO DEL FLETE TERRESTRE EN MATERIALES

"EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO SAN JOSÉ DE PINILLA (CENTRO) OCUCAJE - ICA"

1- DATOS GENERALES

TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES DESDE ICA HASTA EL C.P SAN JOSÉ DE PINILLA

A-POR PESO

MATERIALES	UNIDAD	CANT.	PESO.UNIT.	PESO.TOTAL
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BL.	26.00	42.50	1,105.00
MADERA TORNILLO	P2	1,371.00	1.50	2,056.50
ACERO CORRUGADO GRADO 60 - 3/8"	VAR	313.00	5.04	1,577.52
ALAMBRE, CLAVOS, ETC	KG	350.00	1.00	350.00
YESO	BL.	52.00	5.00	260.00
MATERIALES P/OBRAS PROVISIONALES	KG	1,500.00	1.00	1,500.00
OTROS	KG	2,000.00	1.00	2,000.00
PESO TOTAL				8,849.02

B-POR VOLUMEN

EN AGREGADOS

DESCRIPC.	UNIDAD	VOLUMEN TOTAL
ECOGRAVILLA	M3	1,562.51
VOLUMEN TOTAL		1,562.51
CAPACIDAD DEL CAMION (M3)		15.00
NUMERO DE VIAJES		105.00
REDONDEO		105.00

2- FLETE TERRESTRE

UNIDAD DE TRANSPORTE PARA PESO		UNIDAD DE TRANSPORTE EN VOLUMEN	
UNIDAD QUE DA COMPROBANTE		UNIDAD QUE DA COMPROBANTE	
CAPACIDAD DEL CAMION (M3)	**15.00**	CAPACIDAD DEL CAMION (M3)	**15.00**
COSTO POR VIAJE S/.	**1,200.00**	COSTO POR VIAJE S/.	**750.00**
CAPACIDAD DEL CAMION (KG)	**12,000.00**	CAPACIDAD DEL CAMION (KG)	**12,000.00**
FLETE POR KG	0.10	FLETE POR KG	0.06

	AFECTO IGV	SIN IGV
FLETE POR PESO	884.90	
ECOGRAVILLA	78,750.00	66,737.29
COSTO TOTAL FLETE TERR.	79,634.90	66,737.29

FLETE POR PESO =Peso Total * Flete por peso

FLETE POR VOLUMEN=No viajes*costo por viaje

RESUMEN FLETE TOTAL

	AFECTO IGV	SIN IGV	TOTALES
FLETE TERRESTRE	79,634.90	66,737.29	
FLETES TOTALES S/.	79,634.90	66,737.29	**79,634.90**

ANEXO 4:

Partida : MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS

A) EQUIPO TRANSPORTADO

UND	TIPO DE VEHICULO A MOVILIZAR Y DESMOVILIZAR	PESO KG.	DISTRIBUCION DE VIAJES			
			CAMION CAMA BAJA 25 TON	CAMION CAMA BAJA 18 TON	CAMION PLATAFORMA 19 TON	SEMI TRAYLER 35 TON
1	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	16,584.00	1.00			
1	MEZCLADORA DE CONCRETO	250.00	1.00			
1	COMPRESORA NEUMÁTICA 125-175 PCM	150.00	1.00			
1	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP 1 YD3	9,000.00	1.00			
1	MOTONIVELADORA 125 HP	13,843.00	1.00			
1	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 105 HP 10-16	12,000.00	1.00			
1	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP 101-135 HP 10-12T	11,100.00	1.00			
1	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 8-10 TON	7,000.00	1.00			
	TOTALES		**8.00**	-	-	-
	DURACION DEL VIAJE DE IDA		1.00	-	-	-
	FACTOR DE RETORNO VACIO		1.40	-	-	-
	COSTO HORARIO ALQUILER EQUIPO		250.00	-	-	-
	MOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO		2,800.00	-	-	-
	DESMOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO		2,800.00	-	-	-
	SEGUROS DE TRANSPORTE		280.00	-	-	-
	TOTAL MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION EQUIPO TRANSPORTADO					**5,880.00**

B) EQUIPO AUTOTRANSPORTADO

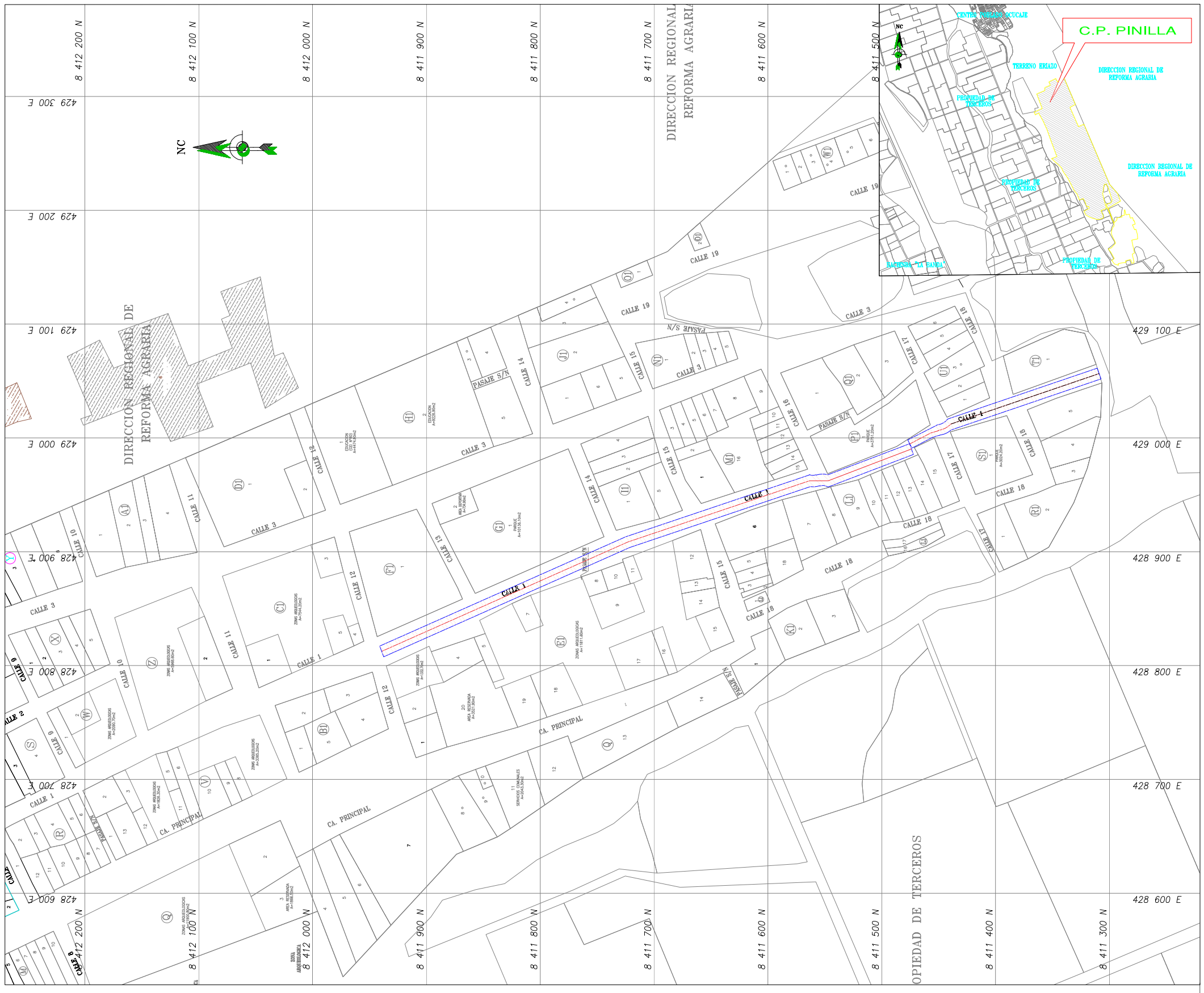
CANT.	DESCRIPCION		Velocidad (Km/H)	HORAS	ALQUILER HORARIO	COSTO TOTAL S/.
1	CAMION CISTERNA 4X2 1,500 GAL (INC MOTOBOMBA)		50.00	1.00	101.69	102.00
1	CAMION IMPRIMADOR DE 1800 GLS.		50.00	1.00	118.64	119.00
3	VOLQUETE DE 15 M3		50.00	1.00	233.62	701.00
	MOVILIZACION					922.00
	DESMOVILIZACION					922.00
	SEGUROS	10.00%				184.40
						2,028.40

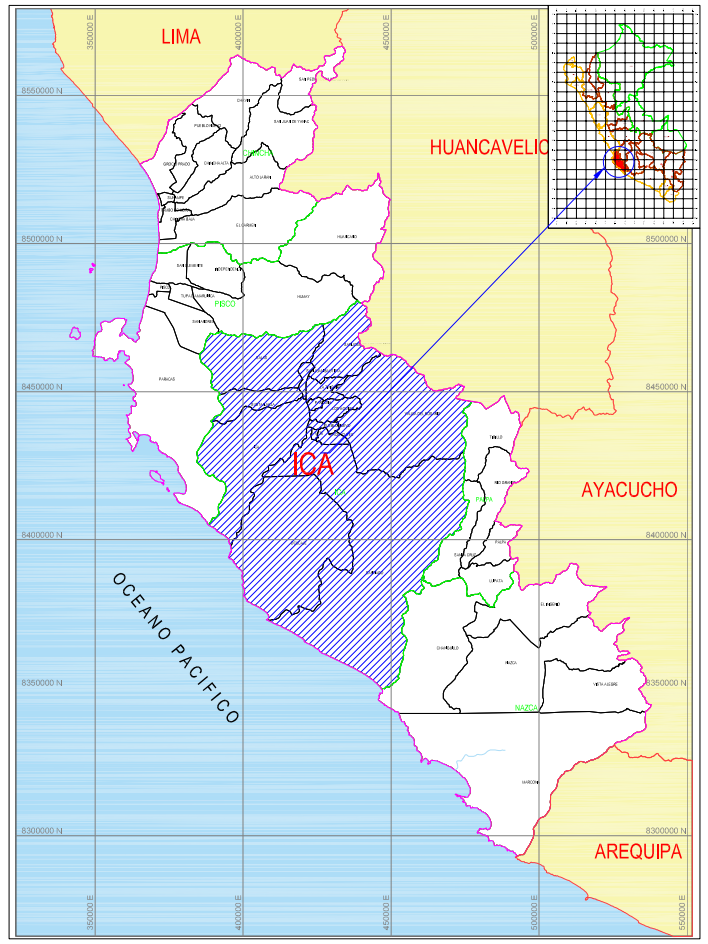
COSTO DE MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS **7,908.40**

DETALLE DEL CALCULO DEL TIEMPO DE MOVILIZACION DE EQUIPOS (Cama bajas y Semi Traylers)	RUTAS	DISTANCIA (Km.)	VELOCIDAD PROMEDIO (Km./H)	TIEMPO PROMEDIO (H)
	ICA - OCUCAJE	35.60	50.00	1.00
	TOTAL			**1.00**

PLANOS

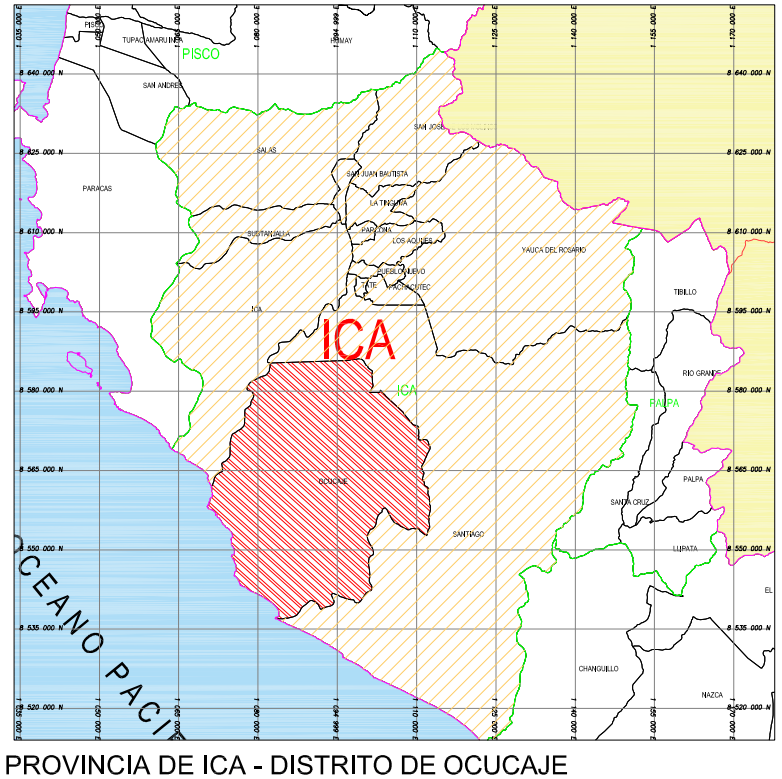
PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN





DEPARTAMENTO DE ICA

UBICACION Y LOCALIZACION ESC. 1/1250000



PROVINCIA DE ICA - DISTRITO DE OCUCAJE

UBICACION Y LOCALIZACION ESC. 1/700

REVISIONES	FECHA	DESCRIPCION	DIB.	DS.	JD	JP	CLT

REFERENCIAS	PLANO NO.	REFERENCIA

EMISIONES	REV. No.	No.	FECHA	CLTE.	OBRA	NOTAS
				COPIAS		

RECORD DE INGENIERÍA

DIBUJADO POR: M. MENDOZA	FECHA APROB.: DIC. 2020	FIRMA
DISEÑADO POR	FECHA APROB.	FIRMA
REVISADO POR	FECHA APROB.	FIRMA
APROBADO POR	FECHA APROB.	FIRMA
USUARIO	FECHA APROB.	FIRMA

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

PRESENTADO POR: MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN

UBICACION : CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" - OCUCAJE - ICA

PROYECTO : EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA

ESPECIALIDAD : PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

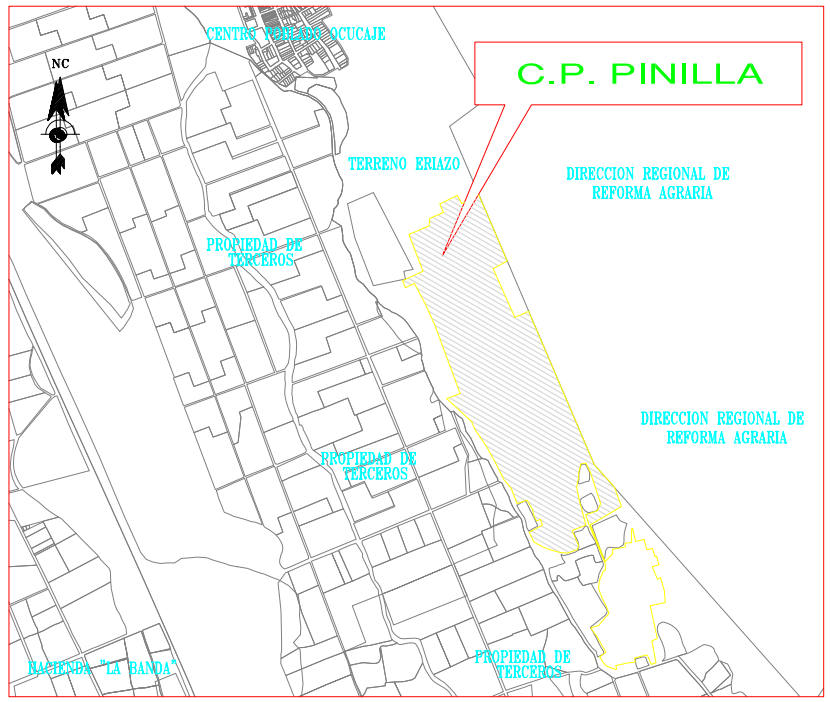
APROBADO POR:	DIBUJO/LEVANT.	ESCALA :	FECHA :
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE	P.M.M.V	INDICADA	DICIEMBRE 2018

PU-01

ESCALA METRICA

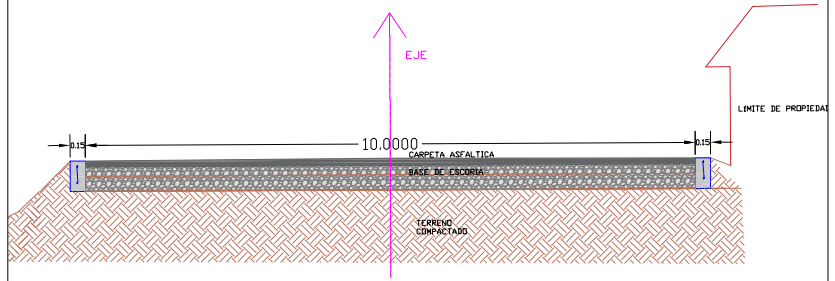
PLANTA
ESC 1:1000

PRIMER Y SEGUNDO TRAMO VIAL DE 0+000 A 0+500 - 0+000 A 0+178

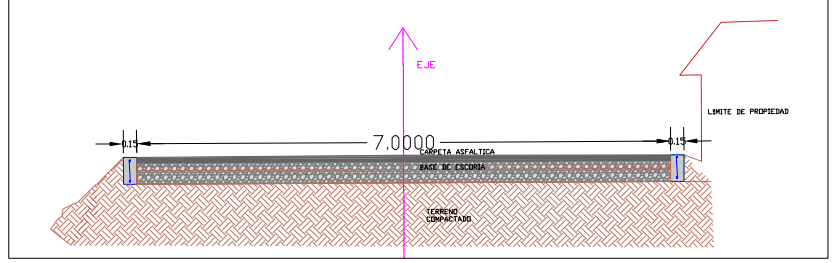


PLANO DE UBICACION
ESCALA 1/12,500

SECCION TIPICA CORTE A-A



SECCION TIPICA CORTE B-B



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

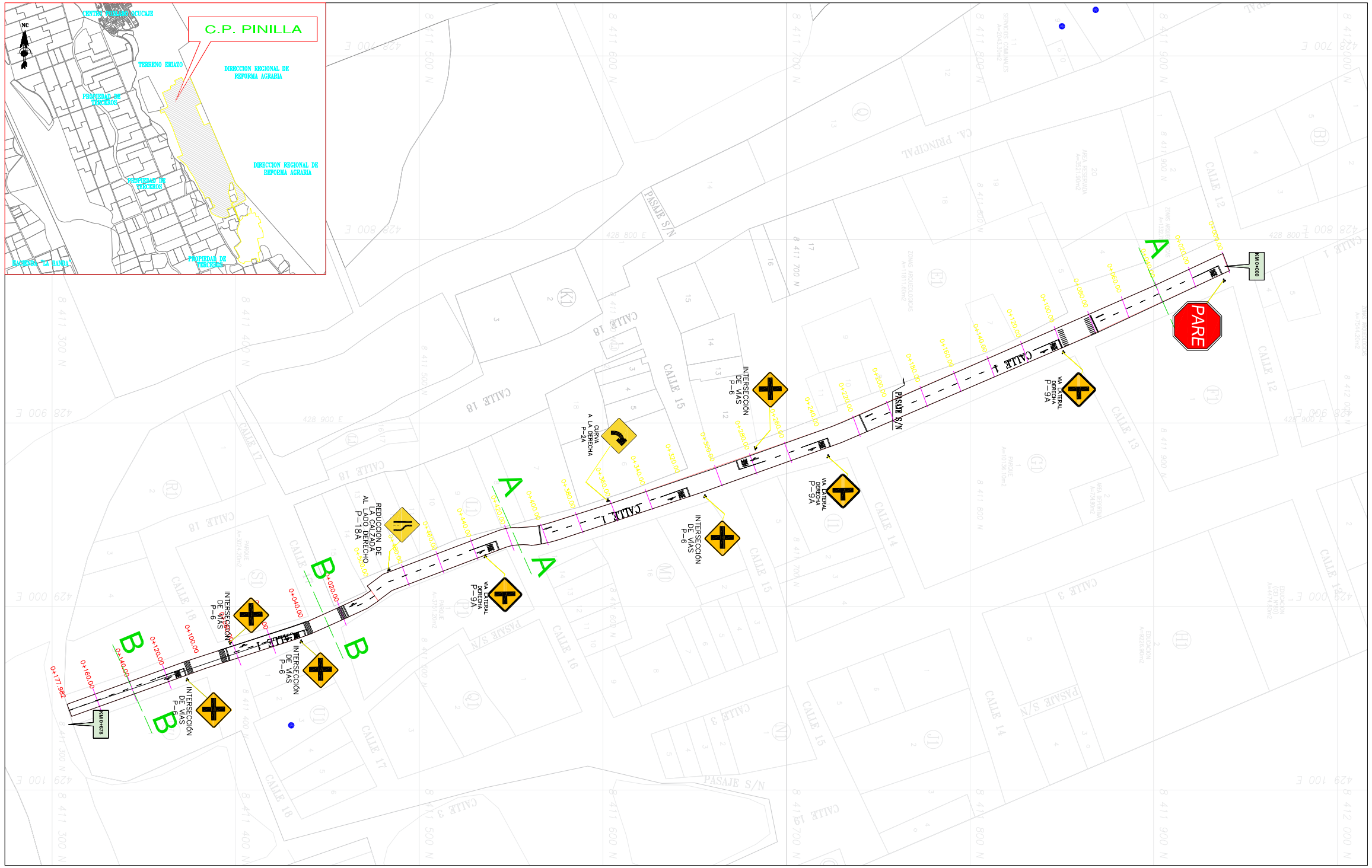
PRESENTADO POR:	MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN
UBICACION :	CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" - OCUCAJE - ICA
PROYECTO :	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA
ESPECIALIDAD :	PLANO CLAVE

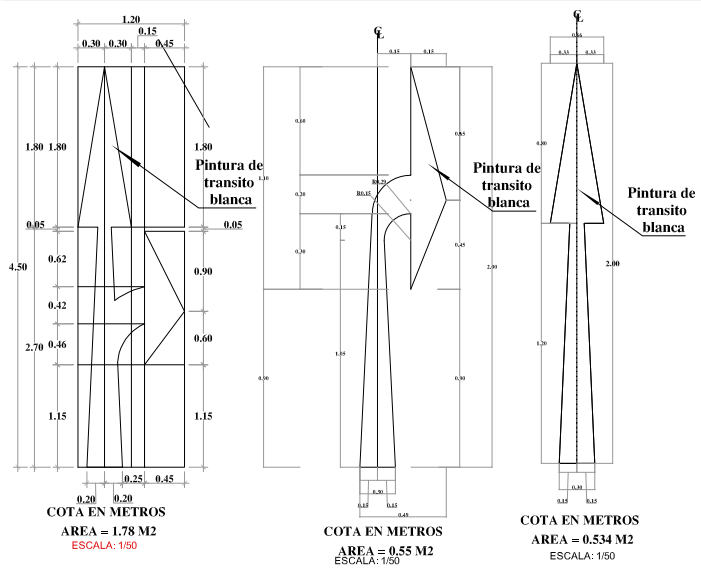
APROBADO POR:	DIBUJO/LEVANT.	ESCALA :	FECHA :
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE	P.M.M.V	INDICADA	DICIEMBRE 2018

LAMINA :
PC-01

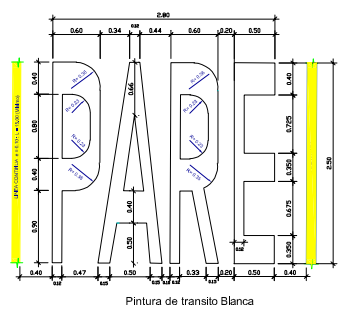
PLANTA
ESC 1:1000

PRIMER Y SEGUNDO TRAMO VIAL DE 0+000 A 0+500 - 0+000 A 0+178

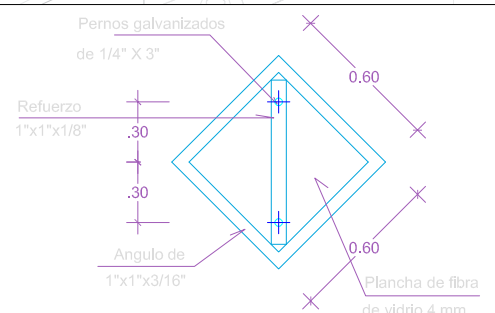




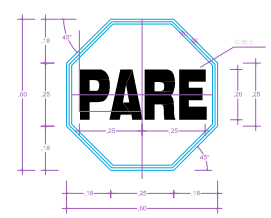
ESC 1/750



ESC 1/750



SEÑAL PREVENTIVA
Escala 1:25



SEÑAL REGULADORA
Escala 1:25

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

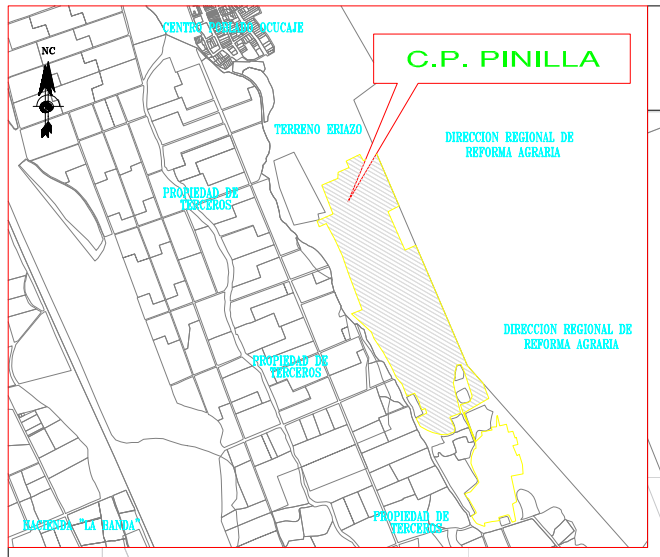
PRESENTADO POR:	MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN
UBICACION:	CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" - OCUCAJE - ICA
PROYECTO:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA
ESPECIALIDAD:	PLANO DE SEÑALIZACIÓN

APROBADO POR:	DIBUJO/LEVANT.	ESCALA:	FECHA:
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE	P,M,M,V	INDICADA	DICIEMBRE 2018

LAMINA: PS-01

PLANTA
ESC 1:1000

PRIMER Y SEGUNDO TRAMO VIAL DE 0+000 A 0+500 – 0+000 A 0+178



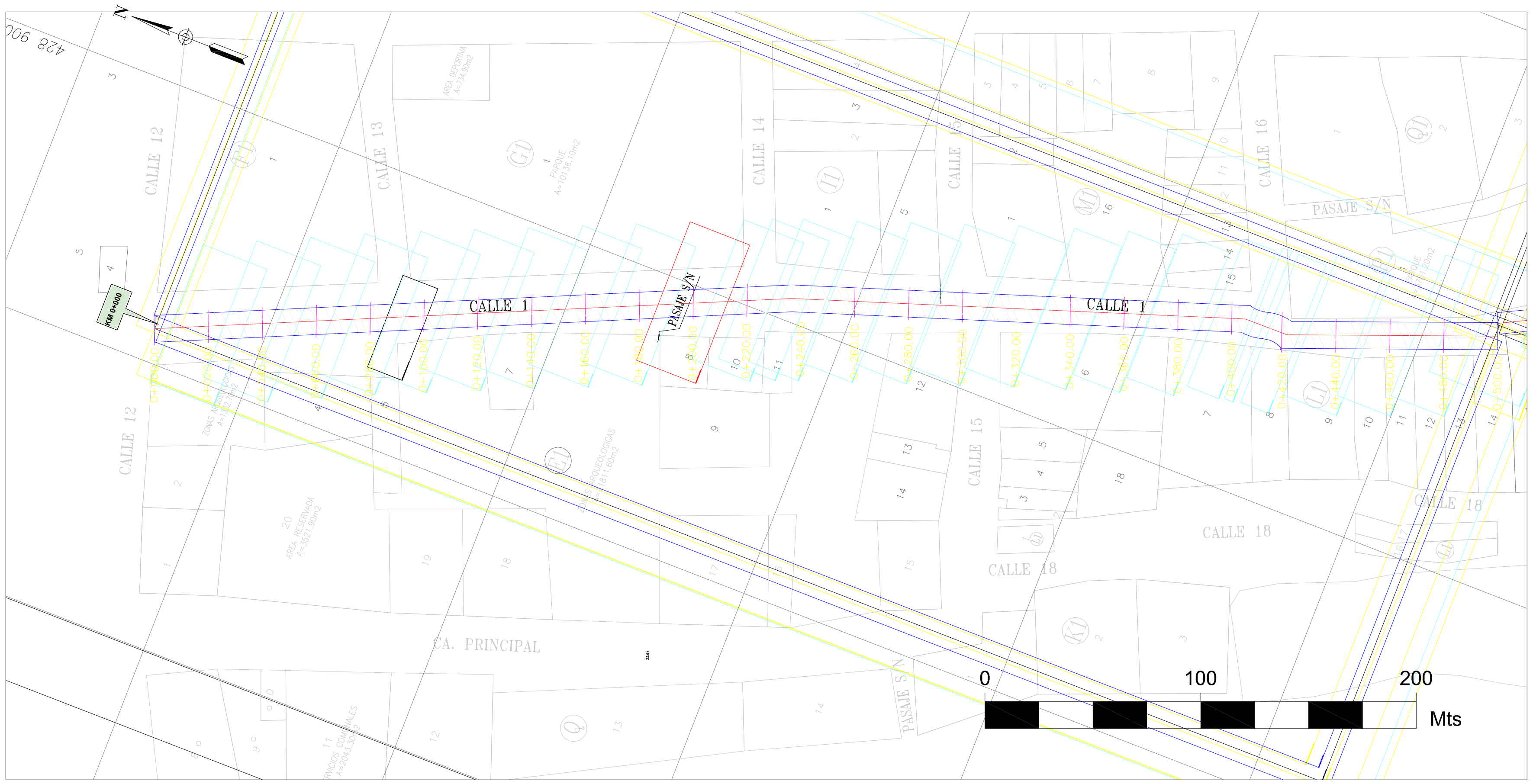
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

PRESENTADO POR:	MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN
UBICACION :	CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" - OCUCAJE - ICA
PROYECTO :	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE – ICA
ESPECIALIDAD :	PLANO TOPOGRÁFICO

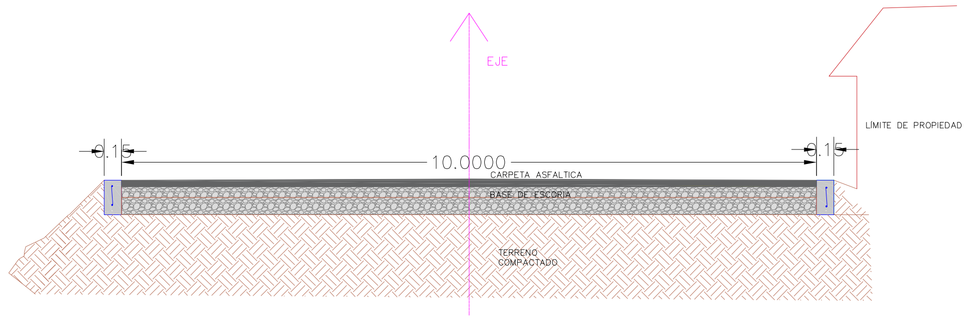
APROBADO POR:	DIBUJO/LEVANT.	ESCALA :	FECHA :
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE	P.M.M.V	INDICADA	DICIEMBRE 2018

LAMINA :
PT-01

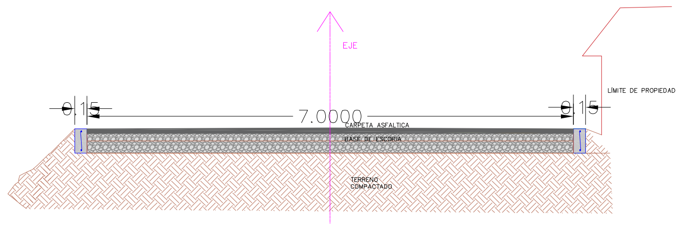
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

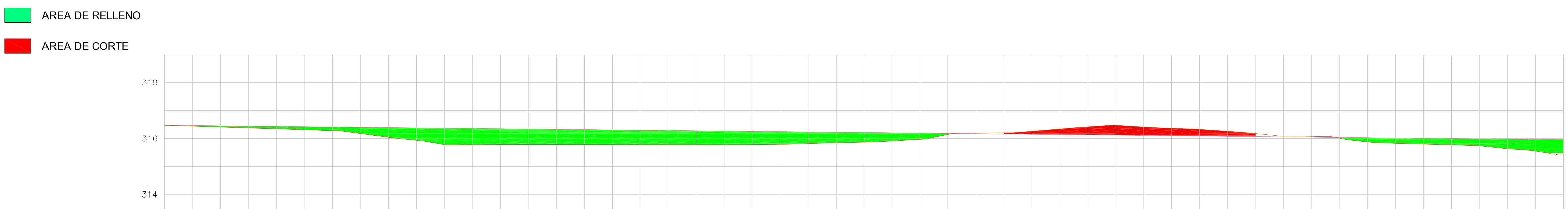


SECCION TIPICA TRAMO 1



SECCION TIPICA TRAMO 2

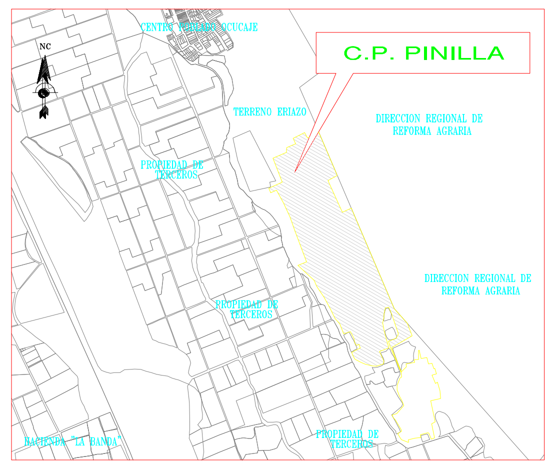




PROGRESIVA	TERRENO	SUB-RASANTE	ALTURA DE RELLENO	ALTURA DE CORTE
0+000	316.480	316.480	0	0
	316.452	316.469	0.017	0
0+020	316.424	316.459	0.035	0
	316.396	316.448	0.052	0
0+040	316.368	316.438	0.070	0
	316.327	316.427	0.100	0
0+060	316.284	316.417	0.133	0
	316.178	316.406	0.228	0
0+080	316.043	316.395	0.352	0
	315.927	316.385	0.458	0
0+100	315.777	316.374	0.597	0
	315.778	316.364	0.586	0
0+120	315.786	316.353	0.567	0
	315.786	316.343	0.557	0
0+140	315.784	316.332	0.548	0
	315.783	316.321	0.538	0
0+160	315.781	316.311	0.530	0
	315.780	316.300	0.520	0
0+180	315.778	316.290	0.512	0
	315.777	316.279	0.502	0
0+200	315.775	316.269	0.494	0
	315.782	316.258	0.476	0
0+220	315.790	316.247	0.457	0
	315.821	316.237	0.416	0
0+240	315.841	316.226	0.385	0
	315.866	316.216	0.350	0
0+260	315.909	316.205	0.296	0
	315.966	316.195	0.229	0
0+280	316.142	316.184	0.042	0
	316.197	316.173	0	0.024
0+300	316.207	316.163	0	0.044
	316.264	316.152	0	0.112
0+320	316.347	316.142	0	0.205
	316.424	316.131	0	0.293
0+340	316.479	316.121	0	0.358
	316.417	316.110	0	0.307
0+360	316.374	316.100	0	0.274
	316.333	316.089	0	0.244
0+380	316.266	316.078	0	0.188
	316.181	316.068	0	0.113
0+400	316.086	316.057	0	0.029
	316.076	316.047	0	0.029
0+420	316.006	316.036	0	0.030
	315.873	316.026	0.153	0
0+440	315.824	316.015	0.191	0
	315.796	316.004	0.208	0
0+460	315.768	315.994	0.226	0
	315.736	315.983	0.247	0
0+480	315.627	315.973	0.346	0
	315.547	315.962	0.415	0
0+500	315.417	315.952	0.535	0

PENDIENTE: −0.11%

TIPO DE SUELO: MATERIAL SUELTO



PLANO DE UBICACION

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

PRESENTADO POR: MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN

UBICACION: CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" - OCUCAJE - ICA

PROYECTO: EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE – ICA

ESPECIALIDAD: PLANTA GENERAL Y PERFIL LONGITUDINAL

APROBADO POR: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE

DIBUJO/LEVANT.: P.M.M.V

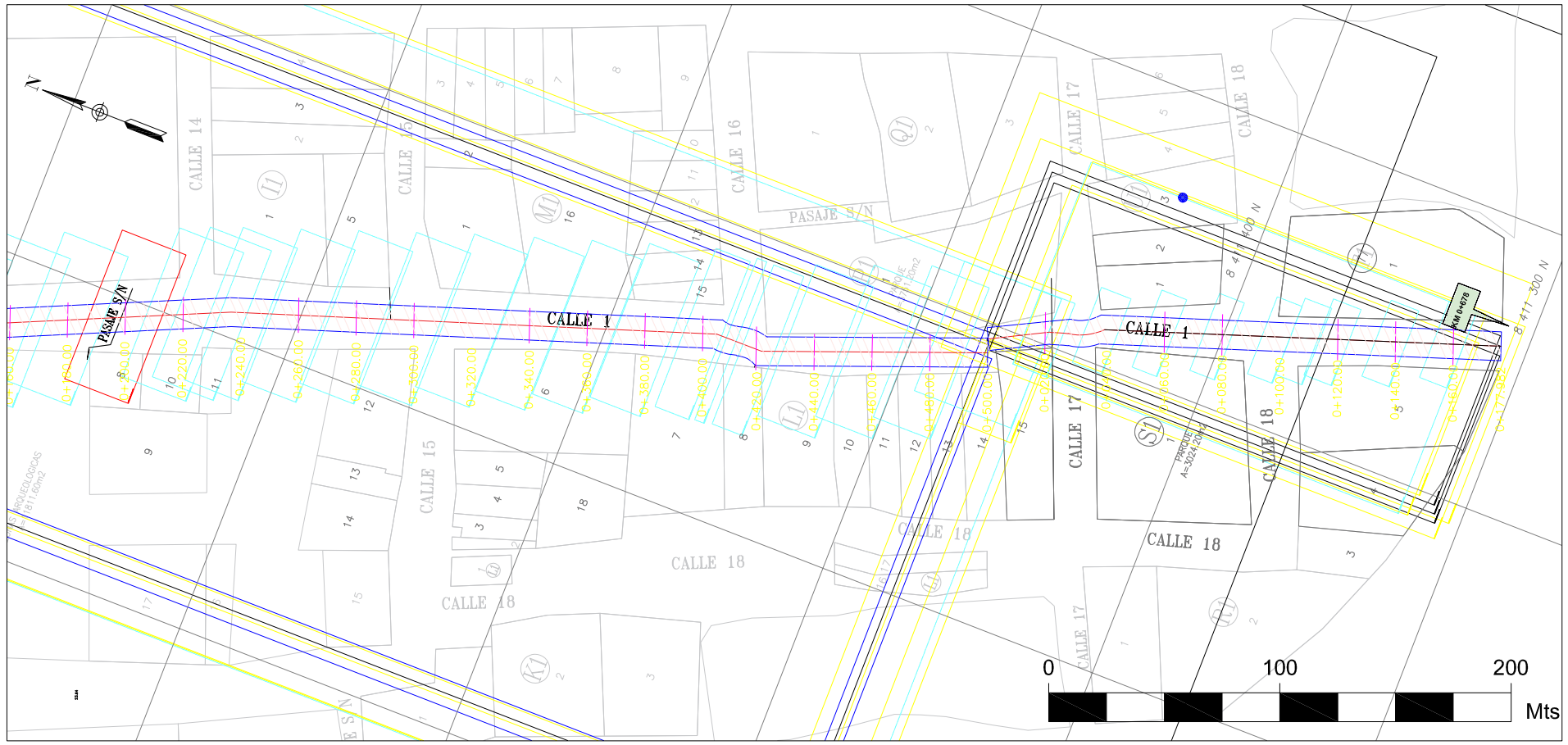
ESCALA: INDICADA

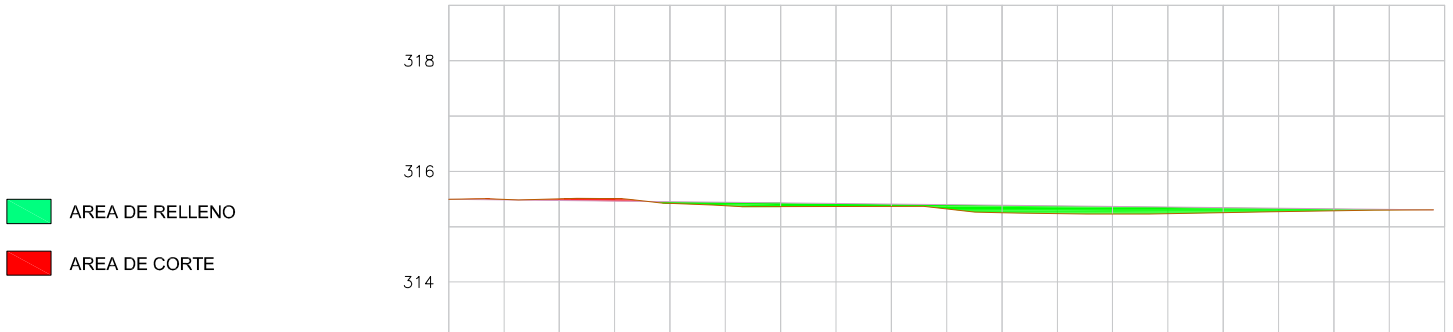
FECHA: DICIEMBRE 2018

LAMINA: PG-01

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

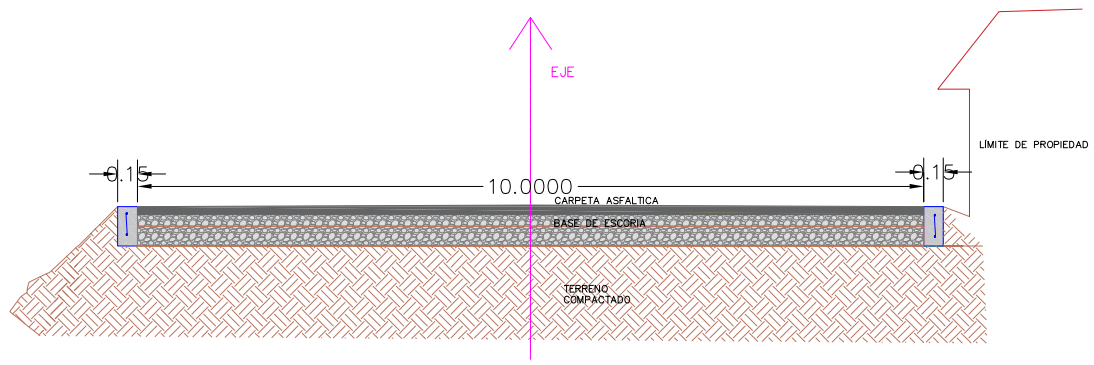
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



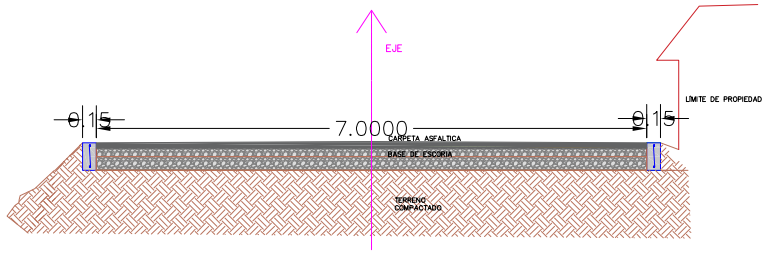


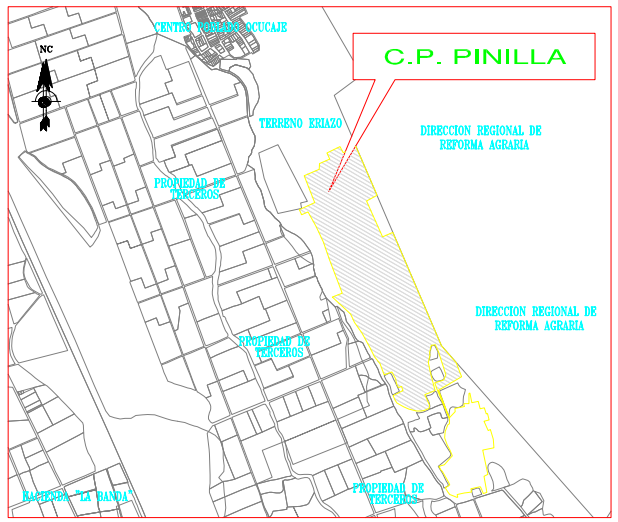
TERRENO	315.495	315.490	315.503	315.505	315.424	315.378	315.364	315.365	315.367	315.322	315.255	315.239	315.229	315.236	315.225	315.274	315.289	315.302	315.305	
PROGRESIVA	0+000		0+020		0+040		0+060		0+080		0+100		0+120		0+140		0+160		0+177.982	
SUB—RASANTE	315.495	315.484	315.474	315.463	315.452	315.442	315.431	315.420	315.410	315.399	315.388	315.378	315.367	315.356	315.346	315.335	315.324	315.314	315.305	
PENDIENTE	-0.11%																			
ALTURA DE RELLENO	0	0	0	0	0	0.064	0.067	0.055	0.043	0.077	0.133	0.139	0.138	0.120	0.121	0.061	0.035	0.012	0	
ALTURA DE CORTE	0	0.006	0.029	0.042	0.028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TIPO DE SUELO	MATERIAL SUELTO																			

SECCION TIPICA TRAMO 1



SECCION TIPICA TRAMO 2





PLANO DE UBICACION

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

PRESENTADO POR:	MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN
UBICACION:	CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" - OCUCAJE - ICA
PROYECTO:	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE – ICA
ESPECIALIDAD:	PLANTA GENERAL Y PERFIL LONGITUDINAL

APROBADO POR:	DIBUJO/LEVANT.	ESCALA:	FECHA:
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE	P.M.M.V	INDICADA	DICIEMBRE 2018

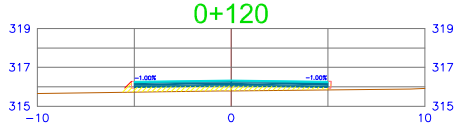
LAMINA: PG-02

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

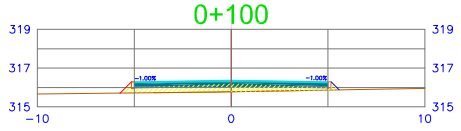
SECCIONES TRANSVERSALES PRIMER TRAMO VIAL

PROG. 0+000 - 0+500

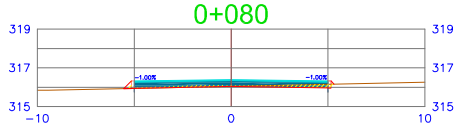
0+120



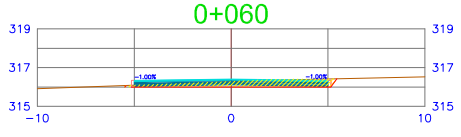
0+100



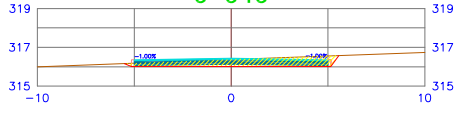
0+080



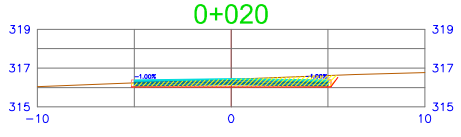
0+060



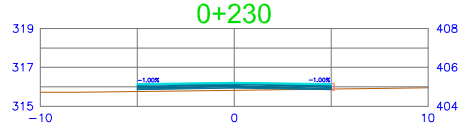
0+040



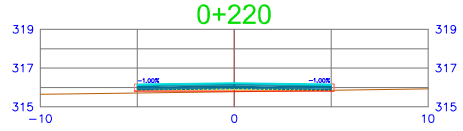
0+020



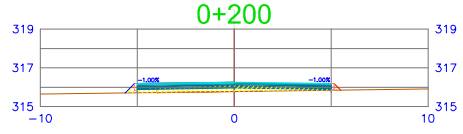
0+230



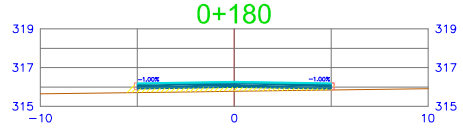
0+220



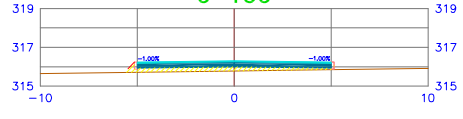
0+200



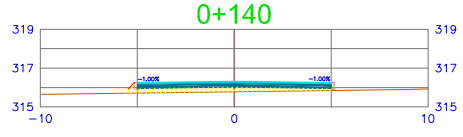
0+180



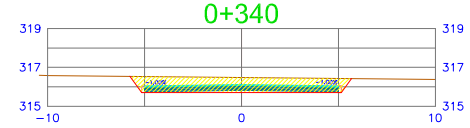
0+160



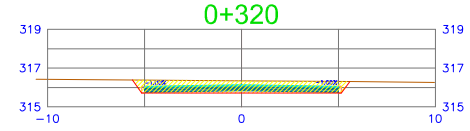
0+140



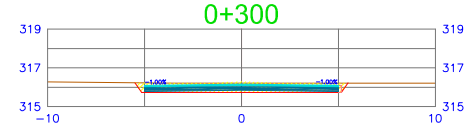
0+340



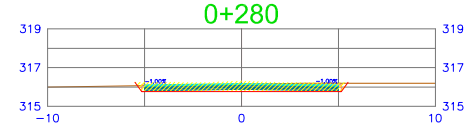
0+320



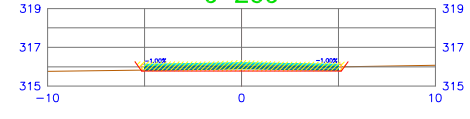
0+300



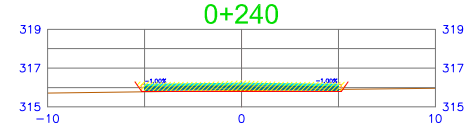
0+280



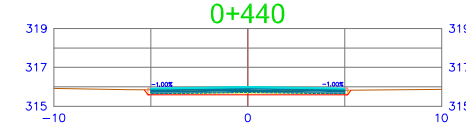
0+260



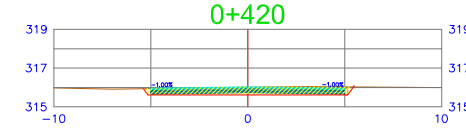
0+240



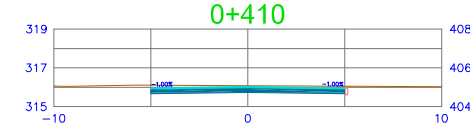
0+440



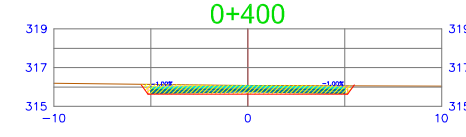
0+420



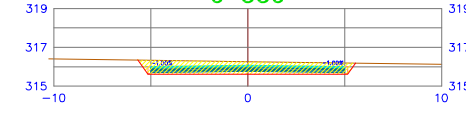
0+410



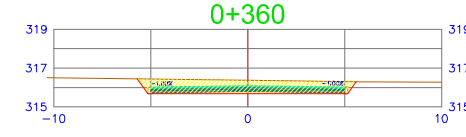
0+400



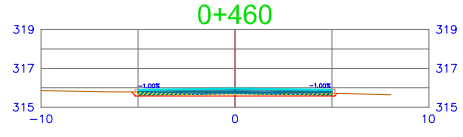
0+380



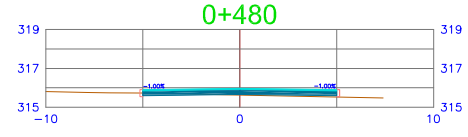
0+360



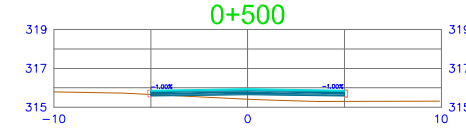
0+460



0+480



0+500



MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROGRESIVA	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOL. DE RELLENO AC.	VOL. DE CORTE ACU.
0+020.00	0.00	3.24	0.00	0.00	0.00	0.00
0+040.00	0.00	2.96	0.00	61.98	0.00	61.98
0+060.00	0.00	2.42	0.00	53.74	0.00	115.72
0+080.00	0.00	0.70	0.01	31.18	0.01	146.90
0+100.00	1.23	0.00	12.30	7.01	12.31	153.91
0+120.00	1.03	0.00	22.54	0.00	34.85	153.91
0+140.00	0.86	0.00	18.86	0.00	53.71	153.91
0+160.00	0.72	0.00	15.76	0.00	69.47	153.91
0+180.00	0.57	0.00	12.87	0.00	82.34	153.91
0+200.00	0.42	0.00	9.92	0.00	92.26	153.91
0+220.00	0.19	0.05	6.08	0.49	98.34	154.40
0+230.00	0.03	0.23	1.07	1.39	99.42	155.79
0+240.00	0.00	0.44	0.14	3.31	99.55	159.10
0+260.00	0.00	1.15	0.01	15.85	99.56	174.94
0+280.00	0.00	3.18	0.00	43.29	99.56	218.23
0+300.00	0.00	4.08	0.00	72.55	99.56	290.78
0+320.00	0.00	5.16	0.00	92.39	99.56	383.17
0+340.00	0.00	6.38	0.00	115.49	99.56	498.66
0+360.00	0.00	5.71	0.00	120.99	99.56	619.64
0+380.00	0.00	5.02	0.00	107.32	99.56	726.96
0+400.00	0.00	3.77	0.00	87.92	99.56	814.88
0+410.00	0.00	3.78	0.00	37.78	99.56	852.66
0+420.00	0.00	3.27	0.00	35.31	99.56	887.98
0+440.00	0.00	1.99	0.00	52.70	99.56	940.68
0+460.00	0.00	1.71	0.00	37.04	99.56	977.73
0+480.00	0.00	0.78	0.00	24.95	99.56	1002.68
0+500.00	0.00	0.00	0.00	7.71	99.56	1010.39

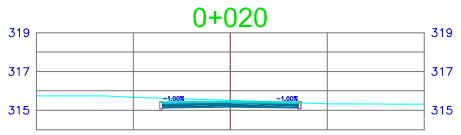
MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROGRESIVA	AREA DE RELLENO	AREA DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO	VOLUMEN DE CORTE	VOL. DE RELLENO AC.	VOL. DE CORTE ACU.
0+020.00	0.00	3.18	0.00	0.00	0.00	0.00
0+040.00	0.00	2.78	0.00	59.69	0.00	59.69
0+060.00	0.00	2.52	0.00	53.05	0.00	112.74
0+080.00	0.00	2.68	0.00	52.00	0.00	164.74
0+100.00	0.00	1.83	0.00	45.13	0.00	209.88
0+110.00	0.00	1.46	0.00	16.43	0.00	226.31
0+120.00	0.00	1.21	0.00	13.35	0.00	239.66
0+140.00	0.00	0.86	0.00	20.72	0.00	260.38
0+160.00	0.00	0.46	0.00	13.21	0.00	273.59

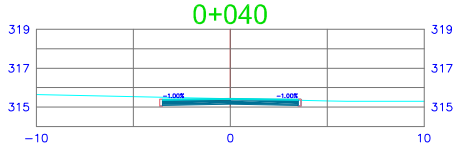
SECCIONES TRANSVERSALES SEGUNDO TRAMO VIAL

PROG. 0+000 - 0+177.982

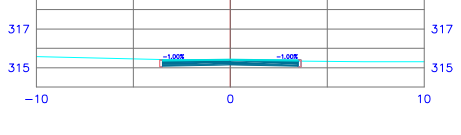
0+020



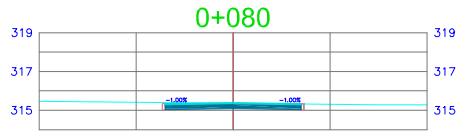
0+040



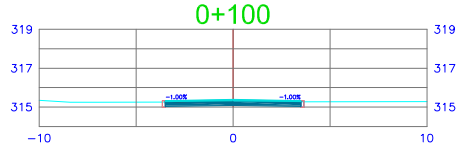
0+060



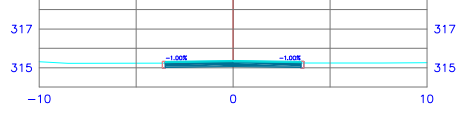
0+080



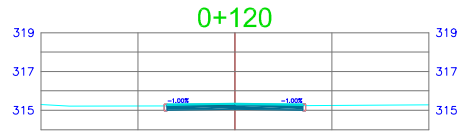
0+100



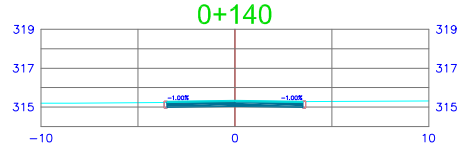
0+110



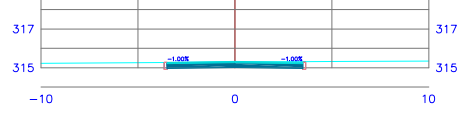
0+120



0+140



0+160

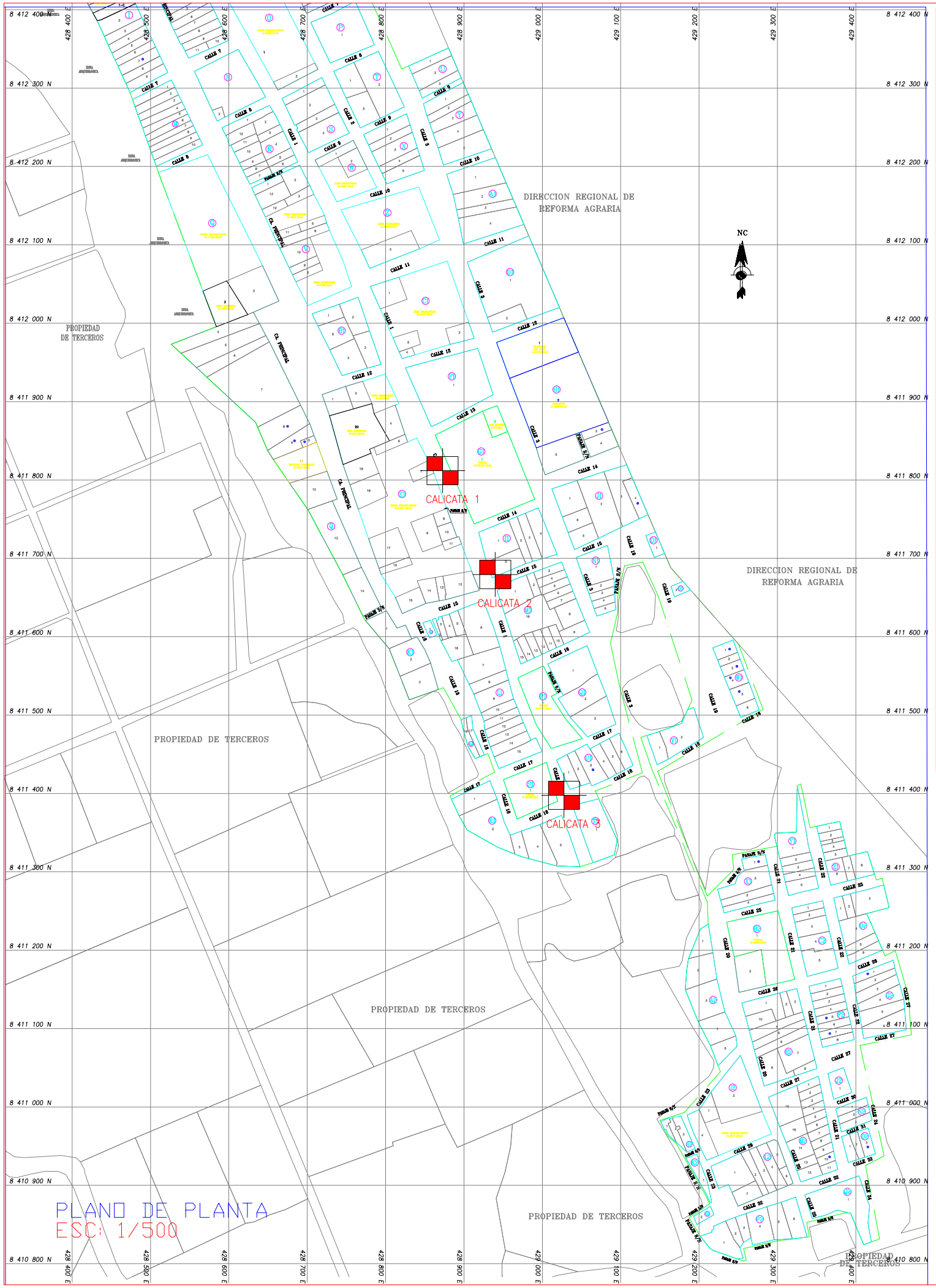


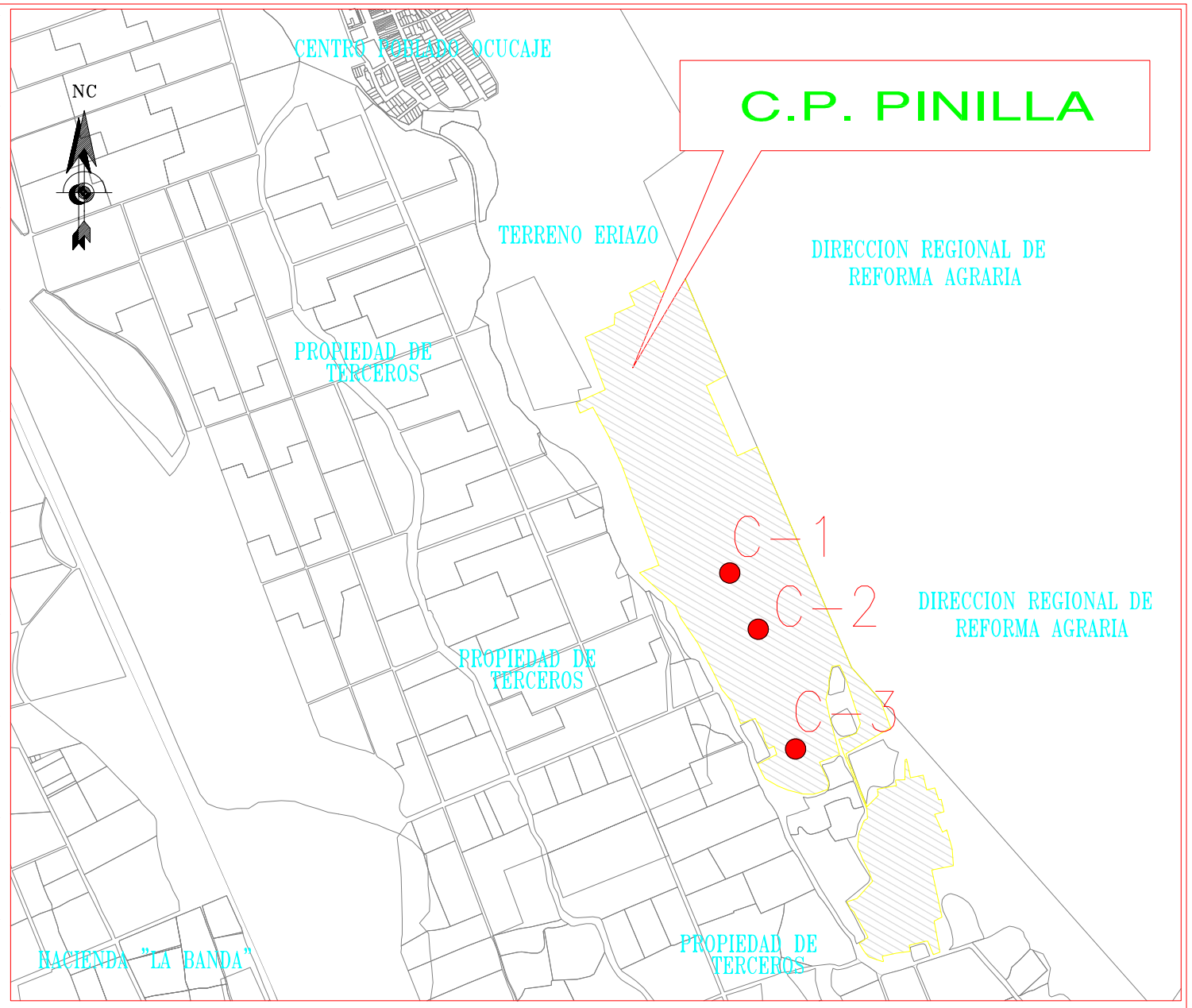
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

PRESENTADO POR:	MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN
UBICACION :	CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" - OCUCAJE - ICA
PROYECTO :	EFICIENCIA DE LA ECOGRAVILLA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" (CENTRO) OCUCAJE - ICA
ESPECIALIDAD :	SECCIONES TRANSVERSALES

APROBADO POR:	DIBUJO/LEVANT.	ESCALA :	FECHA :
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE	P.M.M.V	INDICADA	DICIEMBRE 2018

LAMINA : ST-01





PLANO DE UBICACION

ESCALA 1/12,500

CALICATAS	COORDENADAS WGS 84		COORDENADAS PSAD 56	
	ESTE (X)	NORTE (Y)	ESTE (X)	NORTE (Y)
CALICATA - 1	428870.709	8411811.793	429102.368	8412173.895
CALICATA - 2	428939.907	8411679.249	429171.567	8412041.348
CALICATA - 3	429027.629	8411397.645	429259.290	8411759.740

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA

PRESENTADO POR: MENDOZA VERGARA, PEDRO MARTÍN

UBICACION : CENTRO POBLADO "SAN JOSÉ DE PINILLA" - OCUCAJE - ICA

PROYECTO :

ESPECIALIDAD : UBICACIÓN DE CALICATAS

APROBADO POR:	DIBUJO/LEVANT.	ESCALA :	FECHA :
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE	P.M.M.V	INDICADA	DICIEMBRE 2018

LAMINA : UC-01