

APLICACIÓN DE TEMATICAS EN INGENIERIA CIVIL

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE AGREGADOS PÉTREOS EXTRAÍDOS DE LOS RÍOS UPIN Y SALINAS UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE RESTREPO – META PARA LA APLICACIÓN DE BASES Y SUBBASES GRANULARES



Por:
Juan Esteban Salas Castro



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

APLICACIÓN DE TEMATICAS EN INGENIERIA CIVIL

**CARACTERIZACION FISICO-MECANICA DE LOS AGREGADOS PETREOS
DEL RIO UPIN Y RIO SALINAS LOCALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE
RESTREPO SEGÚN EL ARTICULO 320 Y ARTICULO 330 DEL INVIAS 2013
PARA LA APLICACIÓN DE BASES – SUBBASES GRANULARES**



Por:
Juan Esteban Salas Castro

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional
de ingeniero civil

Aprobado por:
I.C. Juan Manuel Salgado Díaz, MsC.
Director

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabon, Mg.
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Nota de aceptación

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón, MsC.
Decano Facultad Ingeniería Civil

Ing. Juan Manuel Salgado Diaz, MsC.
Director Trabajo de Grado

Ing. German Ernesto Chincangana Montón MsC.

Villavicencio, 20 de octubre de 2020

AGRADECIMIENTOS

En el presente proyecto de grado quiero agradecer principalmente a Dios quien día a día ilumina y bendice nuestras vidas para permitirnos llegar cada vez más lejos y lograr alcanzar todas nuestras metas. A mis padres y hermanos quienes con su esfuerzo hacen posible que estemos realizando esta etapa de nuestra vida, por siempre estar apoyándonos en todos los momentos difíciles y brindarnos con tanto amor su tiempo en nosotros. Gracias a mis compañeros, que siempre nos han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en situaciones difíciles de este trabajo y esta profesión. A los distinguidos maestros por las enseñanzas y colaboración que nos brindaron para corregir cada error y poder finalizar este proyecto con satisfacción. Pero, sobre todo a la ingeniería Jessica María Ramírez Cuello así mismo al ingeniero Geovanny González por su orientación y atención a nuestras consultas hechas al ingeniero Geman Chincangana por sus asesorías que lograron complementar el proyecto, y al ingeniero Juan Manuel Salgado Díaz por ser mi director de grado. Finalmente agradezco a la Universidad Santo Tomas, porque en sus aulas recibí las más gratas enseñanzas que son base primordial para mi carrera y vida.

RESUMEN

El presente trabajo de grado se realiza con el fin evaluar las características físicas del material granular que se encuentra en el rio salinas así mismo en el rio Upin.

En el presente documento se dan a conocer los resultados de la caracterización del material pétreo procedente de los lugares que se encuentran con mayor concentración de sedimentos en el rio upin y rio salinas. Este contiene los respectivos resultados de los ensayos de laboratorio con los que se busca determinar las físicas y mecánicas, tales como resistencia a los sulfatos, limite líquido, índice de plasticidad, equivalente de arena, Terrones de arcilla y partículas deleznales, partículas livianas, análisis granulométrico, contenido de materia orgánica por colorimetría, contenido de sulfatos expresados como SO₄, desgaste en la máquina de los ángeles, índice de alargamiento y aplanamiento, cada uno de estos ensayos está basado en las especificaciones técnicas dispuestas en las normas INVIAS 2013. Con los resultados obtenidos mediante la elaboración de los ensayos, podrán ser comparados los requisitos mínimos exigidos por la normativa del INVIAS en los artículos 330 y 330, para el suministro de subbases y bases granulares respectivamente

Palabras Claves: Artículo 330, artículo 320, base, caracterización, ensayos, INVIAS, material pétreo, propiedades, rio Salinas, rio Upin, subbase.

ABSTRACT

The present grade work is carried out in order to evaluate the physical characteristics of the granular material found in the Salinas river as well as in the Upin river.

This document presents the results of the characterization of the stone material from the places with the highest concentration of sediments in the upin river and salinas river. This contains the respective results of the laboratory tests with which it is sought to determine the physical and mechanical, such as resistance to sulfates, liquid limit, plasticity index, sand equivalent, clay lumps and crumbly particles, light particles, analysis granulometric, organic matter content by colorimetry, sulfate content expressed as SO₄, wear in the angels machine, elongation and flattening index, each of these tests is based on the technical specifications provided in the INVIAS 2013 standards. Results obtained through the preparation of the tests, the minimum requirements demanded by the INVIAS regulations in articles 330 and 330 may be compared, for the supply of sub-bases and granular bases respectively.

Key Word: Article 330, article 320, base, characterization, INVIAS, properties, Salinas river, stone material, subbase, tests, Upin river.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	13
2.	FORMULACION DEL PROBLEMA	14
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
3.	JUSTIFICACION.....	15
4.	OBJETIVOS.....	16
4.1.	OBJETIVO GENERAL	16
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
5.	ALCANCE.....	17
6.	MARCO DE REFERENCIA	18
6.1.	MARCO TEORICO	18
6.1.1.	Artículo 320	18
6.1.2.	Artículo 330	18
6.1.3.	Ensayos de laboratorio.....	18
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	24
6.2.1.	Clasificación del agregado según su origen	24
6.2.2.	Depósitos naturales del suelo	24
6.2.3.	Propiedades de los agregados pétreos.	25
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	25
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	26
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	27
6.5.1.	Localización general del Proyecto.....	27
6.5.2.	Geología local	27
6.5.3.	Geología Estructural.....	28
6.5.4.	Geomorfología.	28
7.	METODOLOGIA	29
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	29
8.	ETAPA 1 (RECOLECCION DE MUESTRAS).....	31
8.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA PARA RECOLECCIÓN DE MATERIAL. .	31
8.2.	RECOLECCION DE MATERIAL.....	34
8.2.1.	Rio Upin.....	35
8.2.2.	Rio Salinas	35
9.	ETAPA 2 (ENSAYOS DE LABORATORIO).....	37
9.1.	ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO PETREO.	37
9.2.	DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (METODO A).....	44
9.3.	PERDIDAS EN ENSAYO DE SOLIDEZ FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS DE SODIO Y DE MAGNESIO.....	46
9.4.	RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO PROCTOR MODIFICADO).....	47
9.5.	CBR EN LABORATORIO	50
10.	ANALISIS DE RESULTADOS	55
10.1.	RIO UPIN.....	55
10.1.1.	Análisis granulométrico	55
10.1.2.	Desgaste en la máquina de los ángeles.....	64

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

10.1.3. Perdidas en ensayo de solidez sulfatos de sodio y magnesio.....	64
10.1.4. CBR.....	67
10.2. RIO SALINAS	68
10.2.1. Análisis granulométrico	68
10.2.2. Desgaste en la máquina de los ángeles.....	77
10.2.3. Perdidas en ensayo de solidez de sulfatos de sodio y magnesio.....	78
10.2.4. CBR.....	81
11. RESULTADOS E IMPACTOS	82
12. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	86
12.1. CONCLUSIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Uso de las diferentes clases de base granular	18
Tabla 2. Requisitos de los agregados para bases granulares.....	19
Tabla 3. Franjas granulométricas del material de base granular	19
Tabla 4. Granulometrías de muestras de ensayo.....	20
Tabla 5. Requisito desgaste en la máquina de los ángeles para base granular....	20
Tabla 6. Requisito perdidas en ensayo de solidez en sulfatos para base granular	20
Tabla 7. Métodos para realizar el ensayo de compactación	21
Tabla 8. Requisito mínimo CBR para base granular	21
Tabla 9. Requisitos de los agregados para sub-base granulares.....	22
Tabla 10. Granulometrías de muestras de ensayos para sub-base granular.....	22
Tabla 11. Requisito desgaste en la máquina de los ángeles para sub-base granular	23
Tabla 12. Requisito mínimo CBR para sub-base granular	23
Tabla 13. Marco normativo Invias para bases y sub-bases granulares.....	26
Tabla 14. Marco normativo ASTM para bases y sub-bases granulares	27
Tabla 15. Coordenadas recolección material del Rio Upin.....	35
Tabla 16. Coordenadas recolección material Rio Salinas	36
Tabla 17. Relación granulometrías realizadas.	38
Tabla 18. Granulometría de la muestra de ensayo	44
Tabla 19. Resultados desgaste máquina de los ángeles rio Upin	46
Tabla 20. Resultados desgaste maquina de los ángeles rio Salinas.....	46
Tabla 21. Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 1 rio Upin. .	57
Tabla 22. Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 2 rio Upin. .	60
Tabla 23. Observaciones curvas granulométricas – Punto 3 rio Upin.	63
Tabla 24 Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 1 rio Salinas.	70
Tabla 25 Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 2 rio Salinas.	73
Tabla 26 Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 3 rio Salinas.	76
Tabla 27. Resultados granulometrías para bases rio Upin.....	82
Tabla 28: Resultados granulometrías para sub-base rio Upin	82
Tabla 29 Resultados ensayos de laboratorio rio Upin.	83
Tabla 30 Resultados granulometrías para bases rio Salinas.	83
Tabla 31. Resultados granulometrías para sub-bases rio Salinas	84
Tabla 32 Resultados ensayos de laboratorio rio Salinas.....	84
Tabla 33. Impactos del proyecto.	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación del Territorio Urbano de Restrepo	15
Figura 2. Localización de los ríos Salinas y Upin	27
Figura 3. Plancha 247	28
Figura 4. Diagrama de Flujo de la Metodología.....	29
Figura 5. Municipio de Restrepo con ríos y vías.	31
Figura 6. Creación gpx desde google earth.	32
Figura 7. Creación gpx en ArcGIS.....	32
Figura 8. Puntos realizados por el gpx en ArcGIS.....	33
Figura 9. Creación modelo TIN	33
Figura 10. Modelo TIN con ríos.	34
Figura 11; Modelo TIN con curvas de nivel.	34
Figura 12. Recolección material Río Upin	35
Figura 13. Recolección material Río Salinas.....	36
Figura 14. Material seco + recipiente	37
Figura 15. Peso material lavado por tamiz No 200.....	37
Figura 16. Curva granulométrica BG-40.....	39
Figura 17. Curva granulométrica BG-38.....	40
Figura 18. Curva granulométrica BG-27.....	41
Figura 19. Curva granulométrica SBG-25	42
Figura 20. Curva granulométrica SBG-50	43
Figura 21. Peso antes del desgaste en la máquina de los ángeles	44
Figura 22. Tamizaje material de desgaste por el tamiz No 12.....	45
Figura 23. Peso material después del desgaste en la máquina de los ángeles.	45
Figura 24. Material sumergido en sulfato de sodio y magnesio.....	47
Figura 25. Peso del recipiente + material seco	47
Figura 26. Añadiendo agua a la muestra.	48
Figura 27. Demostración Proctor Modificado.	48
Figura 28. Peso recipiente + material húmedo	49
Figura 29. Peso recipiente + material húmedo	49
Figura 30. Curva de compactación puntos río Upin.....	50
Figura 31. Pesos para el CBR.....	51
Figura 32. Compactación CBR 10,25, 56 golpes.	51
Figura 33. Molde CBR + Material húmedo.	52
Figura 34. Fallo de CBR en prensa de carga Máster Loader 5030.	52
Figura 35. Curvas Esfuerzo / Penetración 10, 25, 56 golpes.	53
Figura 36. Gráfica para determinar CBR del agregado	54
Figura 37. Curvas granulométricas para base – Punto 1 del río Upin.	56
Figura 38. Curvas granulométricas para sub base – Punto 1 río Upin.	58
Figura 39. Curvas granulométricas para base – Punto 2 río Upin.	59
Figura 40. Curvas granulométricas para sub-base – Punto 2 río Upin.	61
Figura 41. Curvas granulométricas para base – Punto 3 río Upin.	62
Figura 42. Curvas granulométricas para sub-base – Punto 3 río Upin.	63
Figura 43. Gráfico resultados desgaste máquina de los Angeles del río Upin.	64
Figura 44. Resultados pérdida del agregado grueso y fino en sulfato de magnesio	65

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Figura 45. Resultados sanidad del agregado grueso y fino en sulfato de sodio ...	66
Figura 46. Resultados perdida frente a la acción de sulfatos en rio Upin.....	67
Figura 47 Ensayo de CBR-Rio Upin.....	68
Figura 48 Curvas granulométricas para base – Punto 1 rio Salinas.....	69
Figura 49 Curvas granulométricas para Sub base – Punto 1 rio Salinas.	71
Figura 50 Curvas granulométricas para base – Punto 2 rio Salinas.....	72
Figura 51 Curvas granulométricas para Sub base – Punto 2 rio Salinas.	74
Figura 52 Curvas granulométricas para base – Punto 3 rio Salinas.....	75
Figura 53 Curvas granulométricas para Sub base – Punto 3 rio Salinas.	77
Figura 54. Resultados perdida del agregado grueso y fino en sulfato de magnesio	79
Figura 55. Resultados perdida del agregado grueso y fino en sulfato de sodio ...	80

1. INTRODUCCION

“La estructura de un pavimento, está compuesta por materiales granulares como base y sub-base” [1], los cuales juegan un papel importante en su desempeño. Por esta razón, es necesario conocer las propiedades físicas y mecánicas entre las que se encuentran dureza, durabilidad y resistencia del agregado pétreo y verificar si cumplen con las especificaciones técnicas establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), para esto se deben realizar los ensayos de laboratorio pertinentes. Para este caso el material será extraído de las fuentes del Rio Salinas y Rio Upin en el Municipio de Restrepo, Meta”

La demanda de agregados pétreos “es un factor muy importante de la actividad económica de una región, debido a que conforma un parámetro representativo en el sector de la construcción” [2]. De tal manera es primordial disponer de un adecuado suministro de material como base y sub-base necesaria para ejecutar los proyectos de infraestructura vial. La escasez de fuentes del material granular en cantidades y calidad apropiadas para satisfacer la demanda del sector constructivo genera un notable problema a la hora de llevar a cabo el desarrollo de las obras viales.

El municipio de Restrepo ubicado en el Departamento del Meta contiene grandes fuentes hídricas que pueden beneficiar al sector de la ingeniería civil; en la actualidad no se cuenta con la información necesaria para hacer uso del agregado pétreo que puede ser extraído de fuentes hídricas, esto hace más difícil conocer el uso y la disposición final del mismo, sobre todo el municipio donde se ha visto la necesidad de transportar materiales de fuentes hídricas de otros municipios como son el rio Guayuriba y rio Guatiquia

Al dar a conocer cómo se va a caracterizar el material de las playas del rio Upin y Salinas en el sector de Restrepo se obtendrá información de carácter específico que permite el análisis del agregado pétreo de acuerdo con lo establecido por el INVIAS en los Artículos 320 y 330, con el fin de ser utilizados en la construcción de obras civiles aledañas que se desarrollan en este municipio, lo cual permite mejorar y trabajar con calidad de la mano de la economía.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El departamento del Meta posee una gran variedad de fuentes hídricas para la extracción del material pétreo, estos materiales son destinados a la construcción de carreteras en los diferentes municipios del departamento, entre los que se llevan a cabo estas obras civiles se encuentra el municipio de Restrepo, donde no se tiene una fuente de explotación para el uso de la infraestructura vial en bases y sub-bases [3].

El municipio de Restrepo el cual está ubicado en el nororiente del departamento del Meta ha presentado un aumento significativo en su población debido a la llegada de familias de otros municipios por su cercanía con la ciudad de Villavicencio esto ocasiono que en “el casco urbano del pueblo sobrepase las 15 mil personas” [4], teniendo en cuenta que este número no superaba los 7 mil habitantes en el 2014 según el DANE. Una de las consecuencias obtenidas de este crecimiento poblacional es el incremento de las licencias para construcción “por qué en la oficina de Planeación del municipio hay más de tres mil solicitudes para construir proyectos habitacionales” [4], lo cual conlleva a tener una demanda en el agregado para poder llevarlos a cabo.

Para llevar a cabo estos proyectos habitacionales es de vital importancia realizar un proyecto de infraestructura vial para poder brindar a la comunidad un hogar confortable debido a que en estos proyectos habitacionales se contemplan en el área de expansion del municipio de Restrepo localizadas al costado suroeste del antes mencionado, las cuales no cuentan con vias existentes, logrando que el agregado petreo se vuelva primordial para la realizacion de las vias necesarias .

Por lo dicho anteriormente esta investigacion se enfoca en conocer los agregados petreos del Rio Salinas y Rio Caney para obras civiles, donde se podra evidenciar las características físicas y mecánicas a partir de los ensayos determinados por el INVIAS 2013, para así mismo brindar confianza a la comunidad y a los constructores al adquirir el material granular en este sector.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál de los agregados petreos provenientes de los Ríos Salinas y Upin cumplen con las especificaciones técnicas exigidas en los Artículos 320 y 330 de la normativa del INVIAS para la aplicación de bases o sub-bases granulares?

3. JUSTIFICACION

“El período de rendimiento o la vida útil de un pavimento flexible depende de la capacidad de carga de sus capas base y sub-base” [5]. Según lo anterior se puede deducir que los agregados pétreos cumplen una función fundamental e importante en el pavimento, sin desconocer que estos materiales deben cumplir con unas especificaciones técnicas necesarias para garantizar la calidad de los mismos y puedan ser utilizados en diferentes proyectos de infraestructura vial.

La realización de este proyecto deja su aporte en el análisis de la calidad de los agregados, debido a que, si se logra obtener específicamente las características que tiene el material extraído de los ríos Upin y Salinas, se puede utilizar en las construcciones aledañas al municipio, lo cual hace que se logre disminuir los costos en el transporte del agregado pétreo utilizado en la ejecución de los proyectos viales que se realizan en el municipio de Restrepo y Cumaral. Esto se obtendrá mediante el análisis y evaluó de los resultados de los diversos ensayos de laboratorio que se le realizará a la muestra extraída de los ríos anteriormente mencionados en el Municipio de Restrepo según las especificaciones del reglamento INVIAS 2013.

Este proyecto genera una alternativa de fuente de explotación minera para el desarrollo de las nuevas vías urbanas dado el auge en términos de infraestructura vial que se ha presentado en el municipio de Restrepo, en la Figura 1, se puede denotar en amarillo la falta de vías en la zona de expansión.

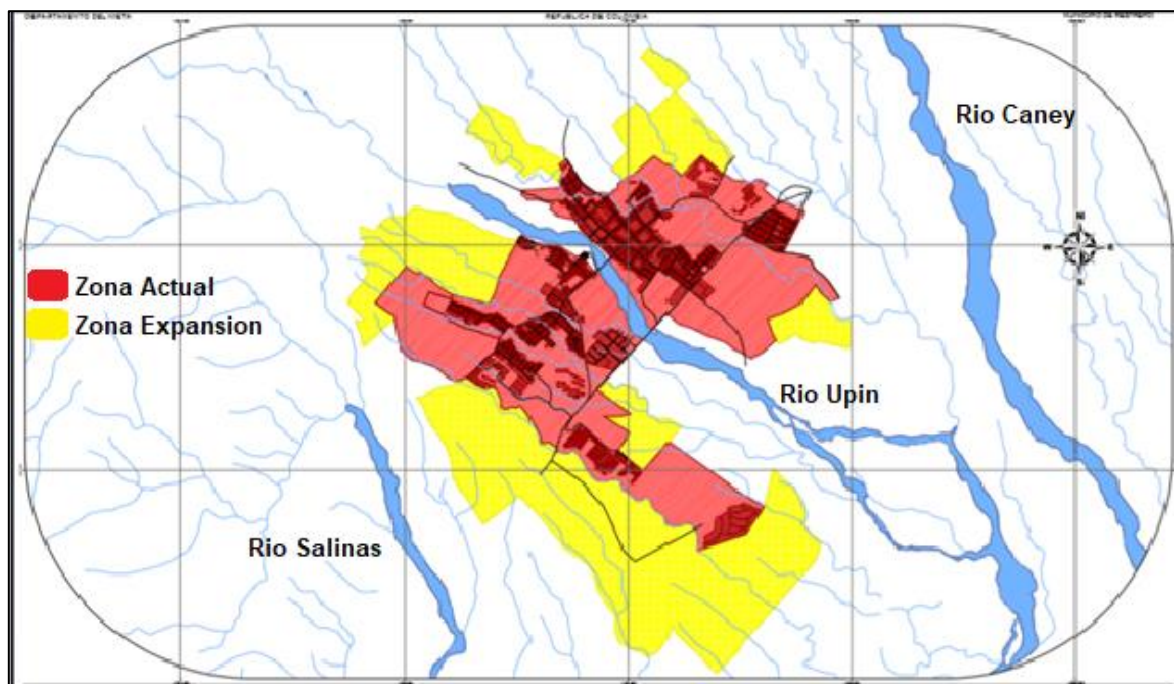


Figura 1. Clasificación del Territorio Urbano de Restrepo
Fuente: EOT 2016

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características físico-mecánicas de los agregados pétreos del Rio Upin y Rio Salinas localizados en el Municipio de Restrepo según el Artículo 320 - Artículo 330 del INVIAS 2013 para la aplicación de las bases y sub-base granulares.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el área de estudio para la extracción del agregado pétreo según el depósito natural que presente las mejores condiciones para la toma del material granular.
- Realizar los ensayos de caracterización físico-mecánica del agregado pétreo según las especificaciones de la sección 200 del INVIAS 2013 para determinar el adecuado uso del material.
- Analizar los resultados obtenidos del agregado pétreo según lo especificado por el INVIAS para bases y sub-base granulares.
- Establecer la calidad del agregado pétreo para base y sub-base extraídos de los ríos Salinas y Upin

5. ALCANCE

El propósito del proyecto es determinar las características físicas y mecánicas de los agregados pétreos que provienen de los ríos Upin y Salinas del Municipio de Restrepo. Por esta razón es necesario realizar los ensayos especificados por el reglamento INVIAS 2013 entre los cuales están análisis granulométrico, resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles, perdidas en ensayos de solidez, equivalente de arena y CBR.

De acuerdo con lo anterior este proyecto de grado, es de carácter técnico porque se rige frente a un reglamento que tiene especificaciones técnicas que ayudan a determinar la calidad del agregado pétreo y su cumplimiento.

Con la realización de lo planteado, la Universidad Santo Tomas está aportando al desarrollo de las obras civiles de la región, debido a que las empresas contratistas se pueden ver beneficiadas con el resultado de los ensayos que se van a presentar, por ello si se obtiene la verificación del cumplimiento de los agregados pétreos de los ríos Upin y Salinas se podrán reducir los costos de transporte de los materiales granulares para la infraestructura vial que se realice en los Municipios de Restrepo y Cumaral, así como en las veredas o municipios aledaños.

Para ejecutar el proyecto se van a utilizar cuatro fases. La primera fase consistirá en una visita a campo para poder obtener la muestra de cada uno de los ríos a analizar, en la segunda se empezará a realizar cada uno de los ensayos de laboratorio a las muestras obtenidas de cada río, en la tercera fase se procede a analizar los resultados dados en los ensayos de las muestras extraídas y, por último, se determinará si el agregado pétreo tiene mejores características para base o sub-base granular.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEORICO

Para poder lograr la ejecución del proyecto es necesario registrarse a las siguientes especificaciones dadas en el Artículo 320 y Artículo 330 por el Instituto Nacional de Vías 2013.

6.1.1. Artículo 320

El INVIAS por medio del Artículo 320 exige los parámetros mínimos o máximos para los ensayos correspondientes que se deben realizar al material que se quiere utilizar como subbase la cual “es la capa localizada entre la subrasante y la base granular o estabilizada”. [6]

6.1.2. Artículo 330

Este artículo comprende la importancia de realizar los ensayos para verificar la calidad por medio de unos límites máximos y mínimos para el material granular establecidos por el INVIAS así mismo habla del “suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación del material de base granular”. [6]

6.1.3. Ensayos de laboratorio

- Base granular

“La base granular es la capa que se encuentra inmediatamente debajo de la capa superficial y ofrece el soporte principal al pavimento” [7]. Por esto Molina afirma que el material pétreo “está construido con agregado que satisface algunos requisitos de calidad” [8]

Para poder clasificar el tipo de base que se requiere es primordial obtener el número de eje equivalentes para el tránsito de la vía y poder determinar la base que se requiere según el tráfico. En la Tabla 1. se clasifica la base según el nivel de tránsito.

Tabla 1. Uso de las diferentes clases de base granular

CLASE DE BASE GRANULAR	NIVEL DE TRANSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Fuente: Invias 2013

En base a lo anterior es necesario verificar el material por medio de la siguiente tabla con límites establecidos por el INVIAS para determinar la calidad del agregado.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Tabla 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

CARACTERISICA	NORMA INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Desgaste en la máquina de los ángeles, máximo (%) -500 revoluciones -100 revoluciones	E-218	40 8	40 8	35 7
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) -Sulfato de sodio -Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	18 18
CBR (%) porcentaje asociado al grado de compactación mínimo	E-148	≥80	≥80	≥95

Fuente. Invias 2013

❖ Análisis granulométrico del agregado pétreo

“La importancia de especificar la distribución del tamaño de partícula ha sido reconocida durante mucho tiempo por lograr un rendimiento satisfactorio en aplicaciones de pavimento” [9]. Para verificar el tipo de base granular a la que pertenece el agregado pétreo es necesario regirse frente a la Tabla 3.

Tabla 3. Franjas granulométricas del material de base granular

TIPO DE GRADACION	TAMIZ (mm/ U:S Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA								
BASES GRANULARES GRADACION GRUESA								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27	-	100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
BASES GRANULARES DE GRADACION FINA								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-25
BG-25	-	100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15

Fuente: Invias 2013

Para poder llevar a cabo la distribución del tamaño de partícula es necesario una serie de tamices como lo denotan la tabla anterior para así lograr clasificar el agregado en el tipo de gradación indicado.

❖ Resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles

Este ensayo” mide la degradación de un agregado pétreo con una composición granulométrica definida, como resultado de una combinación de acciones que incluyen abrasión, impacto y molienda en un tambor de acero rotatorio que contiene un numero de esferas indicado por la granulometría” [6]. De acuerdo con la gradación se debe realizar el ensayo con la masa determinada en la Tabla 4 teniendo en cuenta la gradación del material.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Tabla 4. Granulometrías de muestras de ensayo

TAMAÑOS DE TAMIZ		MASAS DE LAS DIFERENTES FRACCIONES, g			
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	GRANULOMETRIAS			
		A	B	C	D
37.5 (1 1/2")	25.0(1")	1250 ± 25 1250 ± 25 1250 ± 25 1250 ± 25 1250 ± 25 1250 ± 25 1250 ± 25 2500 ± 10 2500 ± 10 2500 ± 10 2500 ± 10 2500 ± 10 2500 ± 10 2500 ± 10 5000 ± 10 5000 ± 10 5000 ± 10 5000 ± 10 5000 ± 10 5000 ± 10 5000 ± 10			
25.0(1")	19.0(3/4")				
19.0(3/4")	12.5(1/2")				
12.5(1/2")	9.5(3/8")				
9.5(3/8")	6.3(1/4")				
6.3(1/4")	4.75(No 4)				
4.75(No 4)	2.36(No 8)				
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: Invias 2013.

Los valores permitidos según el número de revoluciones utilizado para el ensayo se encuentran en la Tabla 5 para la verificación de la calidad del agregado de acuerdo con la clase de base establecido en la Tabla 1 con respecto al nivel del tránsito que tiene la vía.

Tabla 5. Requisito desgaste en la máquina de los ángeles para base granular

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Desgaste en la máquina de los ángeles (Gradación A), máximo %	E-218			
- 500 revoluciones		40	40	35
- 100 revoluciones		8	8	7

Fuente. Invias 2013

❖ Perdidas en ensayos de solidez de sulfatos

Mediante este ensayo se determina la resistencia de los agregados pétreos cuando debe soportar la acción de los agentes atmosféricos. Este efecto se simula sometiendo los agregados a la inmersión repetida en soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio, seguida de secado al horno [6].

Tabla 6. Requisito perdidas en ensayo de solidez en sulfatos para base granular

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo %	E-220			
- Sulfato de sodio		12	12	12
- Sulfato de magnesio		18	18	18

Fuente. Invias 2013

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

- ❖ Relaciones humedad – peso unitario seco en los suelos (Ensayo Modificado de Compactación)

Mediante el ensayo conocido como Proctor modificado se determina la relación entre la humedad y el peso unitario seco. Existen diversas maneras de realizar el ensayo antes mencionado teniendo en cuenta la siguiente tabla.

Tabla 7. Métodos para realizar el ensayo de compactación

METODO	A	B	C
DIAMETRO DEL MOLDE	101.6 mm (4")	101.6 mm (4")	152.4 mm (6")
MATERIAL	Pasa tamiz de 4.75 mm (No 4)	Pasa tamiz de 9.5 mm (3/8")	Pasa tamiz de 19.0 mm (3/4")
CAPAS	5	5	5
GOLPES/CAPA	25	25	56
USO	Si 25 % o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4)	Si 25 % o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 9.5 mm (3/8")	Si 30% o menos de la masa del material queda retenido en el tamiz de 19.0 mm (3/4")

Fuente. Invias 2013

Con la humedad optima obtenida se realiza el ensayo de CBR para lograr la compactación ideal. Para bases y subbases se realiza el mismo procedimiento. La norma por la cual se encuentra estandarizado es la INVIAS-E-142

- ❖ Corrección del peso unitario y del contenido de agua de suelos que contienen sobretamaños

Este ensayo es el denominado CBR “es uno de los parámetros geotécnicos más importantes utilizados para diseñar capas de pavimento en la construcción de carreteras” [10]. Saber de este parámetro permite determinar la capacidad de carga, de un suelo y el grosor de cada una de las capas de la estructura de pavimento.

En la Tabla 8. se observa el requisito exigido para que cumple el CBR para base granular.

Tabla 8. Requisito mínimo CBR para base granular

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
CBR (%) porcentaje asociado al grado de compactación mínimo	E-148	≥80	≥80	≥95

Fuente. Invias 2013

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

▪ Sub-base granular

Esta capa de la estructura de pavimento debe ser lo suficientemente fuerte para soportar todas las cargas del tráfico y resistir la acumulación de deformaciones permanentes [11]. Por esta razón la sub-base granular debe contar con los requisitos establecidos por el INVIAS para verificar la calidad del agregado.

Al igual que la base se definen tres clases de sub-base granular en función de la calidad de los agregados que se pueden observar en la Tabla 1.

En base a la tabla antes mencionada se procede a determinar la calidad del agregado por los límites establecidos por el INVIAS en la siguiente tabla.

Tabla 9. Requisitos de los agregados para sub-base granulares

CARACTERISICA	NORMA INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Desgaste en la máquina de los ángeles, máximo (%) -500 revoluciones	E-218	50	50	50
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) -Sulfato de sodio -Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	18 18
CBR (%) porcentaje asociado al grado de compactación mínimo	E-148	≥30	≥30	≥40

Fuente. Invias 2013

❖ Análisis granulométrico del agregado pétreo

El análisis de la gradación del agregado es bastante importante porque ayuda a encontrar el tamaño de las partículas de mezclas de arenas y gravas que contienen el material extraído [12]. La gradación de la sub-base contiene agregado de diámetros mayores en comparación con el que contiene una base esto se puede evidenciar comparando la Tabla 3 y Tabla 10.

Tabla 10. Granulometrías de muestras de ensayos para sub-base granular

TIPO DE GRADACION	TAMIZ (mm/ U:S Standard)								
	50.0	37.5	12.5	12.5	9.5	4.75	2.0	0.425	0.075
	2"	1 ½"	1"	½"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA								
SUB-BG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SUB-BG-27	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15

Fuente. Invias 2013

Para llevar a cabo el ensayo es necesario los tamices requeridos en la Tabla 10 para así poder separar las partículas que componen el agregado por medio de la abertura entre tamices.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

❖ Resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles

Según el Artículo 320 del INVIAS 2013 para poder determinar la calidad de degradación del agregado pétreo para sub-base es necesario realizar un solo ensayo a 500 revoluciones.

Tabla 11. Requisito desgaste en la máquina de los ángeles para sub-base granular

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
Desgaste en la máquina de los ángeles (Gradación A), máximo % - 500 revoluciones	E-218	50	50	50

Fuente. Invias 2013

❖ Perdidas en ensayos de solidez y sulfatos

Este ensayo no cambia con respecto a los requisitos establecidos por el Artículo 330 para bases granulares, para poder verificar la durabilidad del agregado como sub-base es necesario ver la Tabla 6.

❖ Corrección del peso unitario y del contenido de agua de suelos que contienen sobretamaños

El CBR es uno de los factores importantes que influyen en la vida útil de la estructura de pavimento siendo necesario determinar el índice de resistencia de suelos para sub-base. [6]

Tabla 12. Requisito mínimo CBR para sub-base granular

CARACTERISTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
CBR (%) porcentaje asociado al grado de compactación mínimo	E-30	≥30	≥30	≥40

Fuente. Invias 2013

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Los agregados pétreos “son aquellos materiales que se extraen directamente de la naturaleza no necesitando para su empleo nada más que darles la forma adecuada” [13]. Es por esto que para el aprovechamiento del material granular es necesario evaluar las propiedades.

Para poder clasificar el agregado pétreo es primordial conocer los términos que ayudan a entender más acerca del material a estudiar, con esto se refiere a saber sobre los diferentes depósitos naturales de sedimentos que existen, el origen del agregado, el tipo de suelo al que pertenece según el tamaño y sus propiedades.

6.2.1. Clasificación del agregado según su origen

Cuando nos referimos al suelo en ingeniería civil se refiere a los sedimentos no consolidados de partículas sólidas como consecuencia de la alteración física, química o biológica de la roca [14]. En otras palabras, es todo tipo de material terroso desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves.

6.2.2. Depósitos naturales del suelo

6.2.2.1. Suelos Residuales

Formados completamente por la meteorización en el sitio y ha permanecido en su posición original. Generalmente formados en regiones tropicales y zonas no sometidas a glaciaciones [15]. Estos suelos tienen un perfil claro de meteorización, guarda características de la roca original y presenta fragmentos angulosos.

❖ Tipos de suelos

Para estudiar un material complejo como el suelo (con diferente tamaño de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con sistema de evaluación de propiedades sea AASHTO o SUCS.

➤ Gravas

Con tamaño de grano entre unos 8-10 cm y 4,75 mm; se caracterizan porque los granos son observables directamente. No retienen el agua.

➤ Arenas

Está compuesta con partículas comprendidas entre 4,75 y 0,075 mm, todavía son observables a simple vista. Cuando se mezclan con el agua no se forman agregados continuos, sino que se separan de ella con facilidad.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

➤ **Limos**

Los componen partículas entre 0,075 y 0,002 mm (algunas normativas indican que este último valor debe de ser 0,005 mm, pero no hay apenas consecuencias prácticas entre ambas distinciones). Retienen el agua mejor que los tamaños superiores.

➤ **Arcillas**

Formadas por partículas con tamaños inferiores a los limos (0,002 mm). Se trata ya de partículas tamaño gel y se necesita que haya habido transformaciones químicas para llegar a estos tamaños.

6.2.3. Propiedades de los agregados pétreos.

Las propiedades de los materiales pétreos son esenciales para las bases y sub-bases debido a que logran determinar la calidad del agregado.

➤ **Durabilidad**

“Es el período de uso sin deteriorarse y perder sus propiedades.” [13]. Cumple un factor muy importante porque de este depende la resistencia del agregado frente a la acción de los agentes atmosférico. Esta propiedad se puede determinar mediante la norma INV E-220.

➤ **Dureza**

“Es la resistencia al rozamiento, rayadura, penetración”. [13]. De esta propiedad depende el desgaste que va a tener el material pétreo debido a la acción de las cargas de los vehículos.

➤ **Resistencia Mecánicas**

Se comprueba mediante un CBR para poder determinar la resistencia que tiene a compresión teniendo en cuenta este ensayo para la base y sub base.

6.3. ESTADO DEL ARTE

Las propiedades de los agregados pétreos cumplen un factor importante para lograr determinar la calidad del material granular con el fin de ser utilizados en las estructuras de pavimento como bases y sub-bases. Es por esto que con el pasar de los años los materiales pétreos de diferentes ríos son tema de investigación así mismo es la importancia de los laboratorios para verificar la calidad del agregado.

En Egipto Ahmed Ebrahim Abu realizo una investigación acerca de la utilización de agregados de concreto reciclado tratado con cemento como capa de base o sub-

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares base, para ello se apoyo en los resultados dados en el laboratorio de suelos empleando ensayos que dieron como resultado el aumento de la capacidad de distribución de carga, aumentando la fuerza de la mezcla y mejorando la durabilidad, esto a través del ensayo del CBR el cual logra establecer la capacidad de soporte del material. [16]

Andrés Arbeláez & Juan Esteban Pérez para optar por el título de geólogo identificaron y caracterizaron los agregados pétreos para la explotación por parte de Ingetierras de Colombia S.A. El documento presentado hace referencia a “determinar, por medio de una exploración geológica de superficie, las zonas de interés económico (targets mineros) en el área de la solicitud, para una futura explotación de los agregados pétreos por parte de INGETIERRAS DE COLOMBIA S.A, y a su vez determinar la viabilidad de un futuro proyecto minero por medio de la evaluación de calidad del material hallado en dichos puntos”

Rafael Ángel Cardona & Karen Melissa López en su proyecto de grado titulado caracterización de un agregado reciclado de concreto (ARC) para la construcción de la carpeta asfáltica de pavimentos flexibles. Con esto ellos buscaban “evaluar el comportamiento de un pavimento flexible fabricado a partir de agregados reciclados de concreto (ARC)” [17].

Los dos proyectos antes mencionados reflejan la relevancia de las propiedades físicas en el agregado pétreo lo cual determina la calidad de este. Por esto es importante realizar una caracterización física previa para utilizar el material granular sea en base, sub-base o en concretos.

6.4. MARCO NORMATIVO

Para la evaluación de las características físicas del agregado pétreo se rigieron las siguientes normas establecidas por el Artículo 320 - Artículo 330 del INVIAS para bases granulares y sub-bases granulares como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Marco normativo Invias para bases y sub-bases granulares

NORMA DE ENSAYO	CARACTERISTICA
INV E-213	Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino.
INV E-218	Desgaste en la Maquina de los Ángeles
INV E-220	Perdidas en ensayo solidez en sulfatos
INV E -142	Proctor Modificado
INV E-148	CBR

Fuente: Autor

El INVIAS se basa en la normativa que la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), en el siguiente cuadro se denotan las empleadas por el Instituto Nacional de Vías para las mencionadas anteriormente.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de Restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Tabla 14. Marco normativo ASTM para bases y sub-bases granulares

NORMA DE ENSAYO	CARACTERISTICA
ASTM C-136	Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino.
ASTM C-131	Desgaste en la Maquina de los Ángeles
ASTM C-88	Perdidas en ensayo solidez en sulfatos
ASTM D 1557	Proctor Modificado
ASTM D 1883	CBR

Fuente: Autor

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

Es bastante importante conocer geográficamente como se compone la cuenca y así mismo determinar el área de estudio para poder realizar la toma de las muestras en este caso en donde mejor se asiente el agregado pétreo.

6.5.1. Localización general del Proyecto

Debido a que el proyecto contempla el estudio del agregado de los ríos Salinas y Upin es necesario identificar la geomorfología e hidrología de la zona.

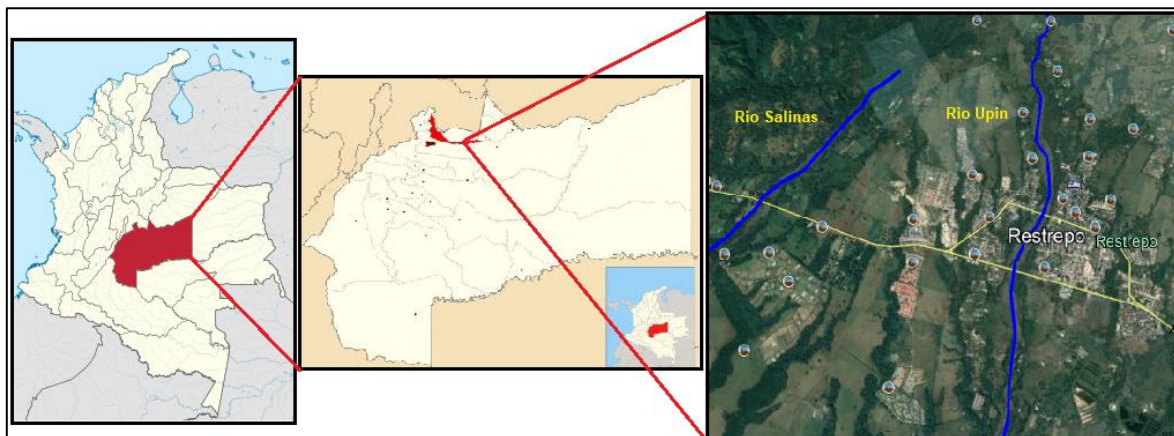


Figura 2. Localización de los ríos Salinas y Upin

Fuente: Google Earth

6.5.2. Geología local

Por medio del atlas geológico suministrado por el servicio geológico colombiano (SGC), se encontró el Municipio de Restrepo en la plancha 247.

La zona de influencia del presente estudio se encuentra localizada en depósitos aluviales recientes donde incluye depósitos aluviales de llanuras de inundación y cauces actuales conformados por cantos, guijos y gravas en una matriz arenolodosa [18].

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upín y Salinas ubicados en el municipio de Restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

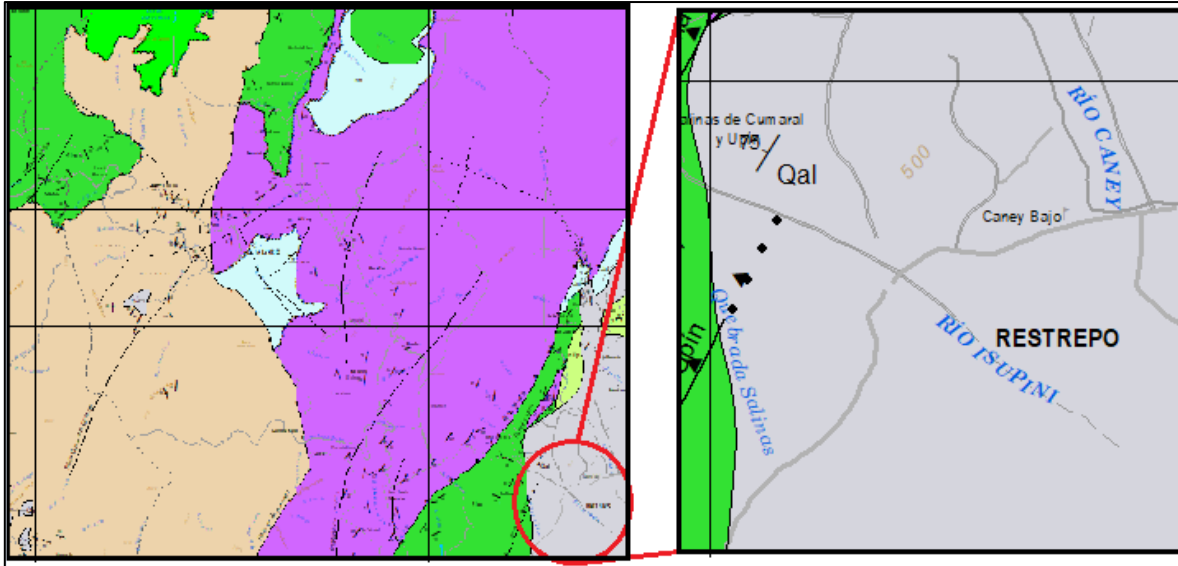


Figura 3. Plancha 247

Fuente: Servicio Geográfico Colombiano, SGC.

6.5.3. Geología Estructural

Debido a la cercanía con la Cordillera Oriental, en el municipio se presentan algunas fallas, que con evidencias de actividad Neotectónica, entre ellas tenemos la falla de Servita, Caney, Mirador-Restrepo, Upín y Cuatro Casas, estas fallas intervienen en la actividad geomorfológica de la región y constituye factores de riesgo para determinadas zonas [19]

6.5.4. Geomorfología.

La estructura geológica y geomorfológica, actual de la zona de estudio, está determinada por la evolución paleó tectónica de la Cordillera Oriental, que comenzó a principios del Plioceno (finales de la era terciaria), cuando el levantamiento y plegamiento de ciertas partes de la Cordillera Oriental interrumpió la conexión del actual valle del Magdalena con los llanos orientales y originó fuertes procesos erosivos, que desprendieron, transportaron y depositaron los materiales en el piedemonte llanero. [20]

7. METODOLOGIA

De acuerdo al reglamento establecido por el INVIAS 2013 en los Artículos 320–330 para bases y sub-bases granulares es necesario realizar los ensayos denotados en la tabla 2 y 9 para poder verificar la calidad del agregado.

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

Las etapas que se van a realizar para ejecutar el proyecto son las siguientes:

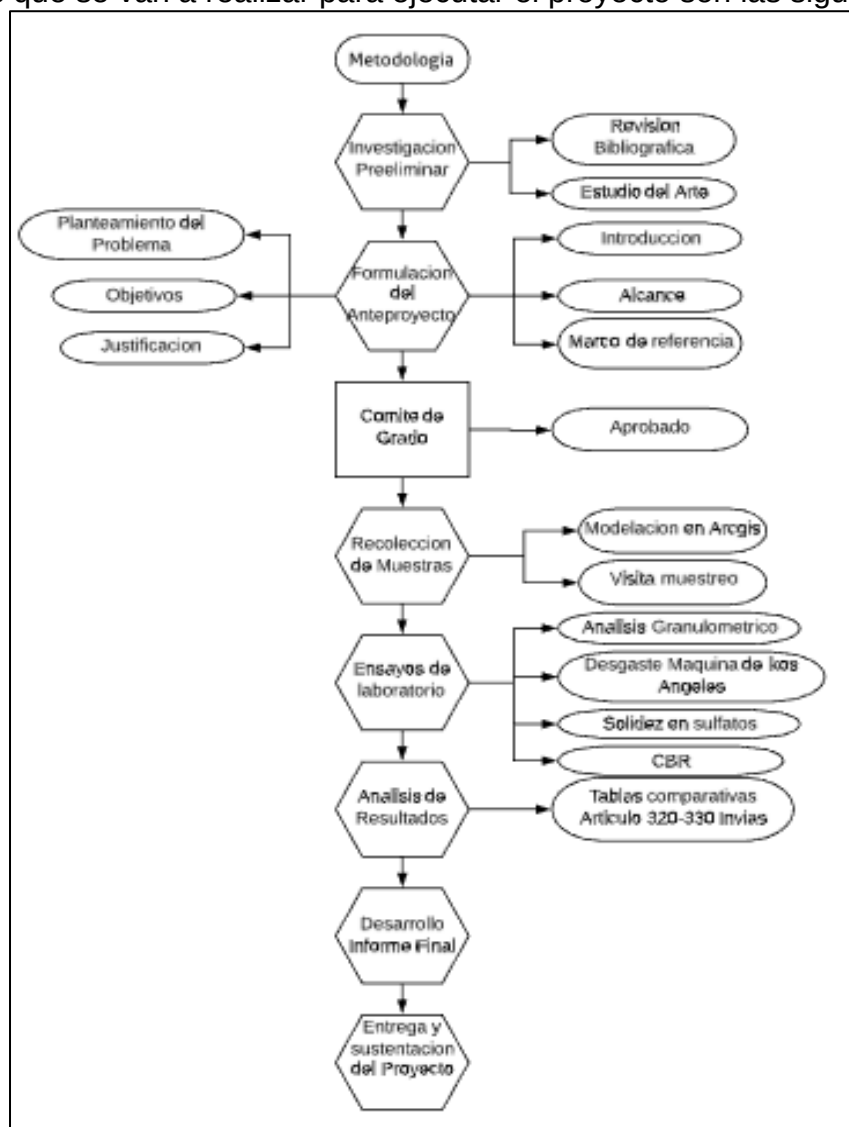


Figura 4. Diagrama de Flujo de la Metodología.
Fuente: Autor

➤ Etapa 1: Investigación Preliminar

En esta etapa se contempla la información geológica e hidrológica de las fuentes a estudio para poder determinar la mejor zona para extraer el agregado pétreo necesario para realizar los ensayos correspondientes indicados por el Invias 2013. En este caso después de localizar el área donde mejor se deposite el agregado pétreo se va a recolectar tres muestras cada 15 metros para verificar la calidad del material granular.

➤ Etapa 2: Formulación Anteproyecto

En esta esta etapa se realiza el documento el cual se basa en la documentación de la etapa anterior teniendo en cuenta los lineamientos planteados.

➤ Etapa 3: Recolección de Muestras

En esta etapa se contempla la información geológica e hidrológica de las fuentes a estudio para poder determinar la mejor zona para extraer el agregado pétreo con el software Arcgis y así realizar los ensayos correspondientes indicados por el Invias 2013. En este caso después de localizar el área donde mejor se deposite el agregado pétreo se va a recolectar tres muestras cada 15 metros para verificar la calidad del material granular.

➤ Etapa 4: Ensayos de Laboratorios

Los pasos que contemplan esta etapa están concebidos por las especificaciones del INVIAS en la sección 100 y 200 para seguir procedimientos estandarizados y obtener resultados confiables.

➤ Etapa 5: Análisis de Resultados

Después de tener los resultados de cada uno de los ensayos realizados a los diferentes materiales de los ríos se procede a analizarlos en base a los artículos 320- 330 para así tener una claridad en la calidad del agregado.

➤ Etapa 6: Desarrollo Informe final

Teniendo en cuenta los análisis de los resultados se realiza el informe final con los diferentes anexos de cada uno de los ensayos realizado

➤ Etapa 7: Entrega y sustentación del documento

Para culminar el proyecto es necesario realizar la sustentación frente a los diferentes jurados para así tener la aprobación de este.

8. ETAPA 1 (RECOLECCION DE MUESTRAS)

8.1. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA PARA RECOLECCIÓN DE MATERIAL.

Para este paso, se usará un DEM y un archivo del DANE, que contiene datos de ubicación de los ríos, cabeceras municipales, vías y entre otros datos de los departamentos de Colombia; en este caso se usarán los datos del departamento del META, también cabe resaltar que la razón de utilizar estos datos es porque son del año 2017 a comparación del DEM que es del año 2011, por lo que pueden existir cambios en la hidrología de los lugares.

Una vez obtenidos los datos, procedemos a delimitar el municipio a estudiar con el fin de escoger una zona de fácil acceso a la cuenta, para ello se usarán los datos de cabecera municipal, vías y ríos; encontrados en la carpeta descargada del DANE.

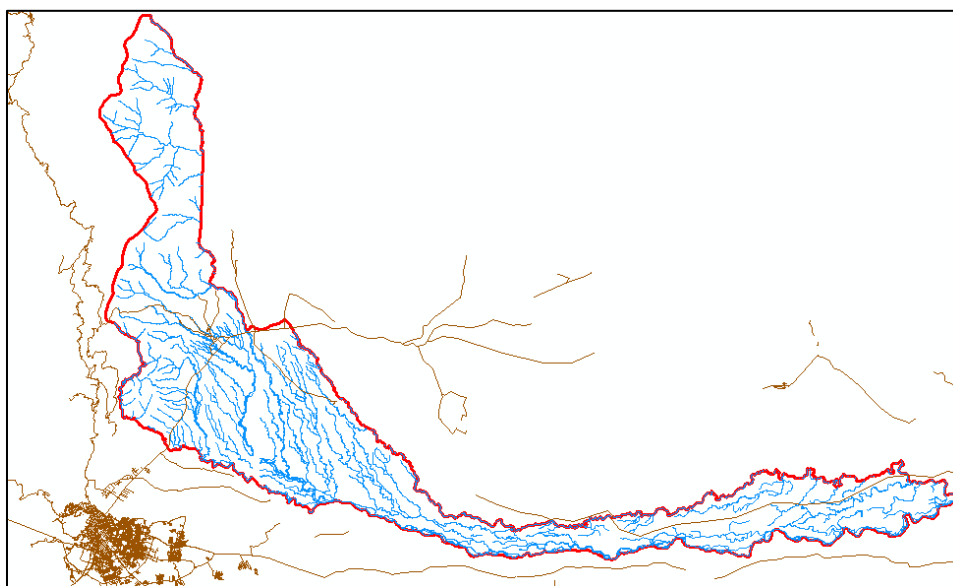


Figura 5. Municipio de Restrepo con ríos y vías.
Fuente: Autor.

Como se puede observar las líneas marrón, azul y rojo, pertenecen a vías, ríos y delimitación del municipio respectivamente.

Dado que al extraer las curvas de nivel del DEM, resultan ser algo erróneas se utilizarán las curvas de nivel del Google Earth, además de que al realizar un modelo TIN, este no posee coordenadas de elevación, por lo que se verá totalmente plano y no se podría apreciar las zonas de sedimentación de las cuencas en estudio.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de Restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Figura 6. Creación gpx desde google earth.
Fuente. Autor.

Dado que los datos que se usan son de extensión .kml que es por defecto de google earth, mediante una página web se extraerán los datos de elevación y dará origen a una extensión de .gpx que es lo que se usará para realizar un modelo TIN, para observar adecuadamente las cuencas.

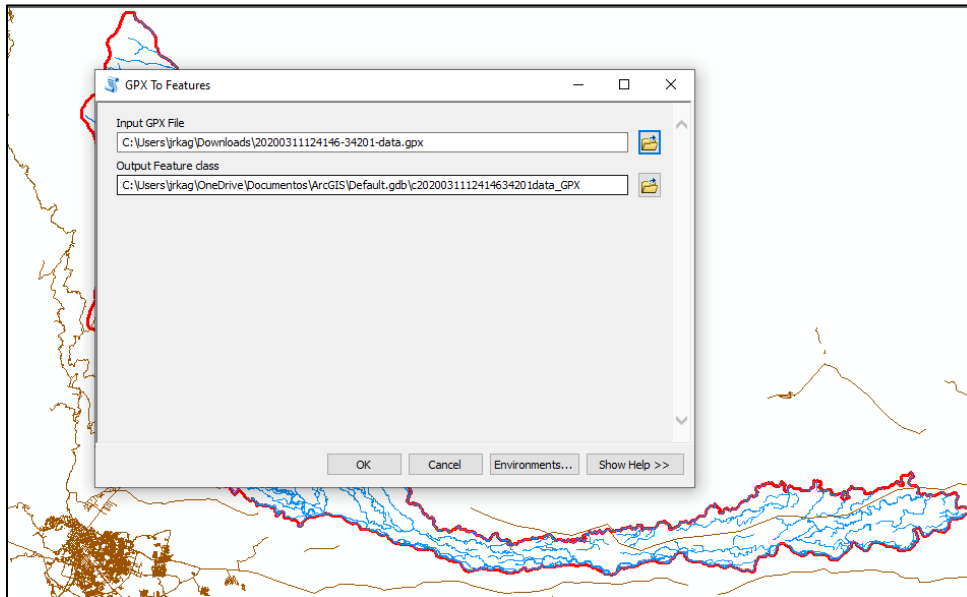


Figura 7. Creación gpx en ArcGIS.
Fuente: Autor

Obteniendo lo siguiente:

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

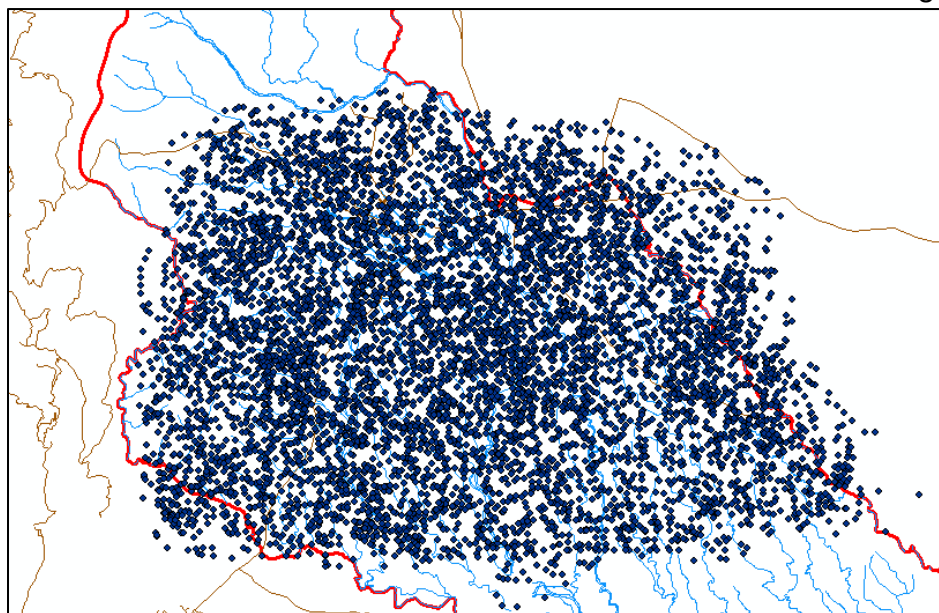


Figura 8. Puntos realizados por el gpx en ArcGIS.
Fuente. Autor.

Una vez obtenidos los puntos se procederá a crear el MODELO TIN, a partir de este se elaborarán las curvas de nivel y también se delimitarán las dos cuencas.

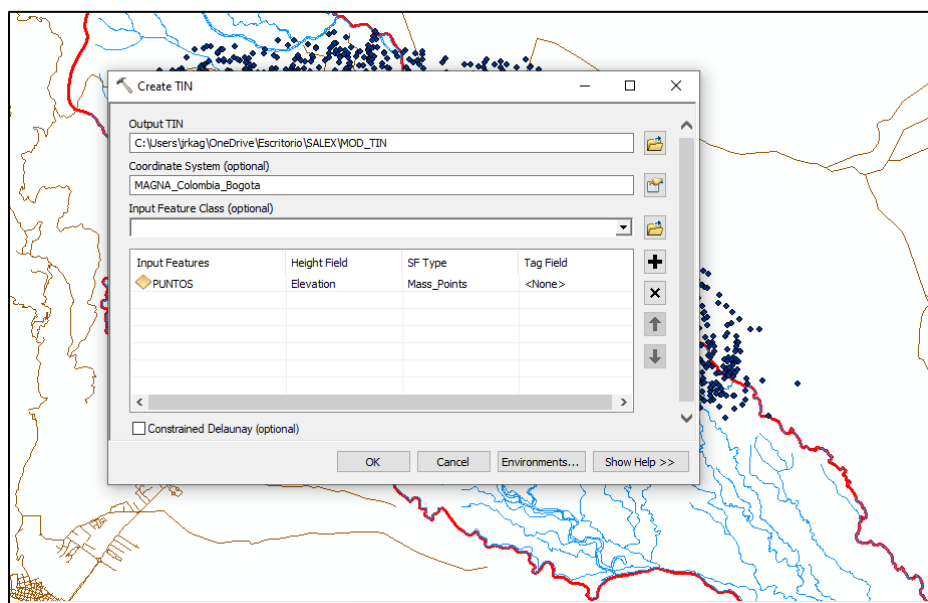


Figura 9. Creación modelo TIN
Fuente Autor.

Resultando lo siguiente:

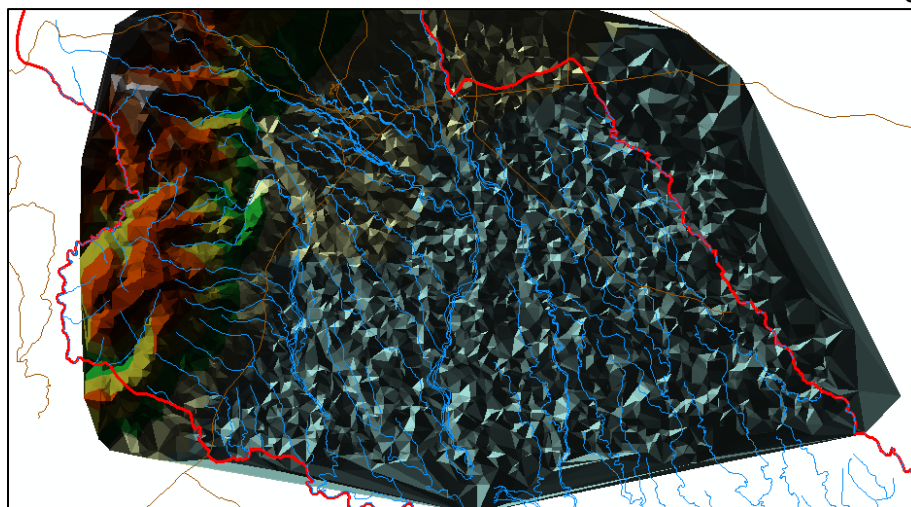


Figura 10. Modelo TIN con ríos.
Fuente: Autor.

Apreciando la imagen se puede denotar que, entre los ríos y el presente modelo, los ríos encajan con el comportamiento del terreno elaborado digitalmente.

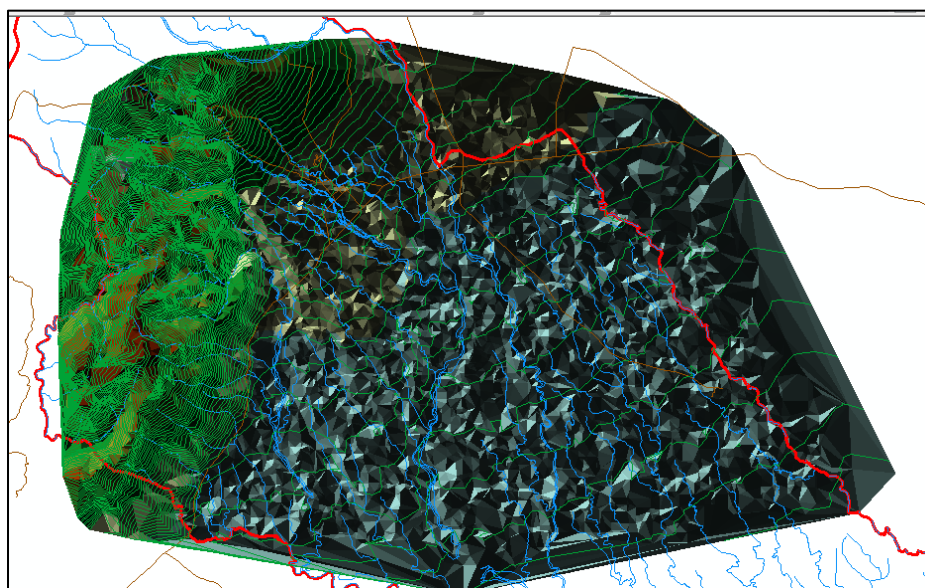


Figura 11; Modelo TIN con curvas de nivel.
Fuente: Autor.

8.2. RECOLECCION DE MATERIAL

Después de tener esclarecidos los lugares o zonas donde se presente mayor concentración de sedimentos en los cuerpos hídricos, se procede a la recolección del material en campo. Para llevar a cabo el procedimiento se necesitó una pala y costales para poder guardar el material.

8.2.1. Río Upin.

En el río Upin teniendo en cuenta la cercanía con el casco urbano del municipio de Restrepo, se realizó la extracción del material en los siguientes tres puntos localizados por medio de ArcGIS.



Figura 12. Recolección material Río Upin
Fuente: Autor.

Las coordenadas de los tres puntos que se escogieron para la recolección del material en el río Upin son los siguientes cabe recordar que se trabaja con Magnas Sirgas :

Tabla 15. Coordenadas Magnas Sirgas - recolección material del Río Upin.

Punto	Coordenadas X	Coordenadas Y
Punto 1	1055500	963000
Punto 2	1055525	963025
Punto 3	1055550	963050

Fuente: Autor.

8.2.2. Río Salinas

Para escoger el mejor lugar de recolección del material dadas la geomorfología de la zona y el fácil acceso se logró escoger los siguientes 3 puntos para la toma del agregado pétreo.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

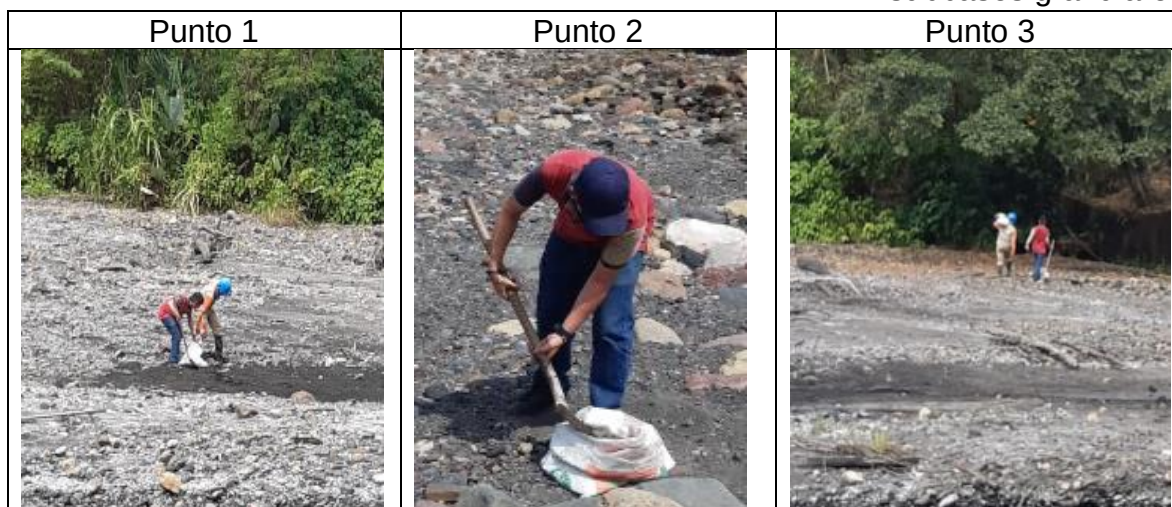


Figura 13. Recolección material Rio Salinas
Fuente: Autor.

Para el rio salinas la localización de los tres puntos se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 16. Coordenadas Magnas Sirgas - recolección material Rio Salinas

Punto	Coordenadas X	Coordenadas Y
Punto 1	1055500	962500
Punto 2	1055525	962525
Punto 3	1055550	952550

Fuente: Autor.

En las imágenes anteriores se evidencia la recolección del material en tres puntos diferentes en los rio Salinas y Upin para poder realizar los ensayos y poder determinar la calidad de agregado realizando un promedio entre los resultados obtenidos.

9. ETAPA 2 (ENSAYOS DE LABORATORIO)

9.1. ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO PETREO.

Para realizar la granulometría la norma INV-E-213 nos indica que tenemos tomar una muestra representativa es decir entre 5000 y 6000 gramos para secar al horno durante 24 horas, esto nos va a indicar la humedad con la cual el agregado se encuentra, después de realizar el secado es necesario lavar el material por el tamiz No 200 para poder tener el material limpio de finos como arcillas o limos y así poder realizar la granulometría. En la Figura 14. Material seco + recipiente. se observa lo que se conoce como P1 el cual es el peso del material seco junto con el del recipiente a utilizar.



Figura 14. Material seco + recipiente
Fuente. Autor

En la Figura 15. Peso material lavado por tamiz No 200. se puede denotar el peso del agregado lavado por el tamiz No 200



Figura 15. Peso material lavado por tamiz No 200.
Fuente: Autor.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Este procedimiento se realiza 12 veces según lo indica la siguiente tabla.

Tabla 17. Relación granulometrías realizadas.

	Granulometrías Rio Upin		Granulometrías Rio Salinas	
	Base	Subbase	Base	Subbase
Punto 1	1	1	1	1
Punto 2	1	1	1	1
Punto 3	1	1	1	1

Fuente: Autor.

De acuerdo con lo anterior se procede a realizar los cálculos en la tabla de Excel con cada uno de los tipos de base y subbase para así poder determinar con los limites inferiores y exteriores la curva de gradación que cumpla con los valores dados en los limites antes mencionados.

A continuación, se demuestran los resultados de las granulometrías para el punto 1 con cada uno de los tipos de subbases del rio Upin y rio salinas, en el anexo A se podrá visualizar las tablas de Excel correspondientes de cada uno de los puntos a analizar.

		ENSAYO DE GRADACION - BASE			
		ENSAYO DE GRADACION CON LAVADO SOBRE EL TAMIZ N°200			
		RIO UPIN- PUNTO 1 X-1055500 Y-963000			
2. LAVADO SOBRE LA MALLA 200					
Wr+Wms Ant. Lav.	5966,1				
Wr+Wms Des. Lav.	5811,4				
W. Recipiente	196,8				
W. Muestra seca	5811,4				
W. M. pasa 200	154,7				
3. HUMEDAD					
P1	5982,3				
P2	5966,1				
P3	196,8				
W %	0,28				
4. GRANULOMETRIA					
NORMA	TAMIZ	PESO RET.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA
INVIAS					
ART.330					
					100,00
100	1 1/2"	594,3	9,96	9,96	90,04
70-100	1"	784,8	13,15	23,12	76,88
60-90	3/4"	518,9	8,70	31,81	68,19
45-75	3/8"	2060,0	34,53	66,34	33,66
30-60	N° 4	269,1	4,51	70,85	29,15
20-45	N° 10	434,7	7,29	78,14	21,86
10-30	N° 40	840,2	14,08	92,22	7,78
5-15	N° 200	309,4	5,19	97,41	2,59
	FONDO	154,7	2,59	100,00	0,00
	SUMAS	5966,1	100,00		
6. CLASIFICACIÓN					
U.S.C.	GW				
INDICE DE GRUPO	0				
AASHTO	A-1-a				
7. PORCENTAJES DEL MATERIAL					
> 3"	0,00	%			
GRAVA	70,9	%			
ARENA	26,56	%			
FINOS	2,59	%			
8. TAMAÑOS					
T.M.	2"				
T.N.	1 1/2"				

CURVA DE GRADACION INVIAS INVIAS ART. 330 BASE-BG-40

Abertura Tamiz (mm)	% que Pasa (Gradacion)	Limite Superior (%)	Limite Inferior (%)
100,0	100,00	100,00	100,00
75,0	76,88	76,88	76,88
60,0	68,19	68,19	68,19
45,0	33,66	33,66	33,66
30,0	29,15	29,15	29,15
20,0	21,86	21,86	21,86
10,0	7,78	7,78	7,78
7,5	2,59	2,59	2,59
5,0	0,00	0,00	0,00
2,5	0,00	0,00	0,00
0,85	0,00	0,00	0,00
0,60	0,00	0,00	0,00
0,425	0,00	0,00	0,00
0,300	0,00	0,00	0,00
0,250	0,00	0,00	0,00
0,200	0,00	0,00	0,00
0,150	0,00	0,00	0,00
0,106	0,00	0,00	0,00
0,075	0,00	0,00	0,00
0,050	0,00	0,00	0,00
0,0425	0,00	0,00	0,00
0,0300	0,00	0,00	0,00
0,0250	0,00	0,00	0,00
0,0200	0,00	0,00	0,00
0,0150	0,00	0,00	0,00
0,0106	0,00	0,00	0,00
0,0075	0,00	0,00	0,00

USTA Sede Villavicencio – Facultad de Ingeniería Civil

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

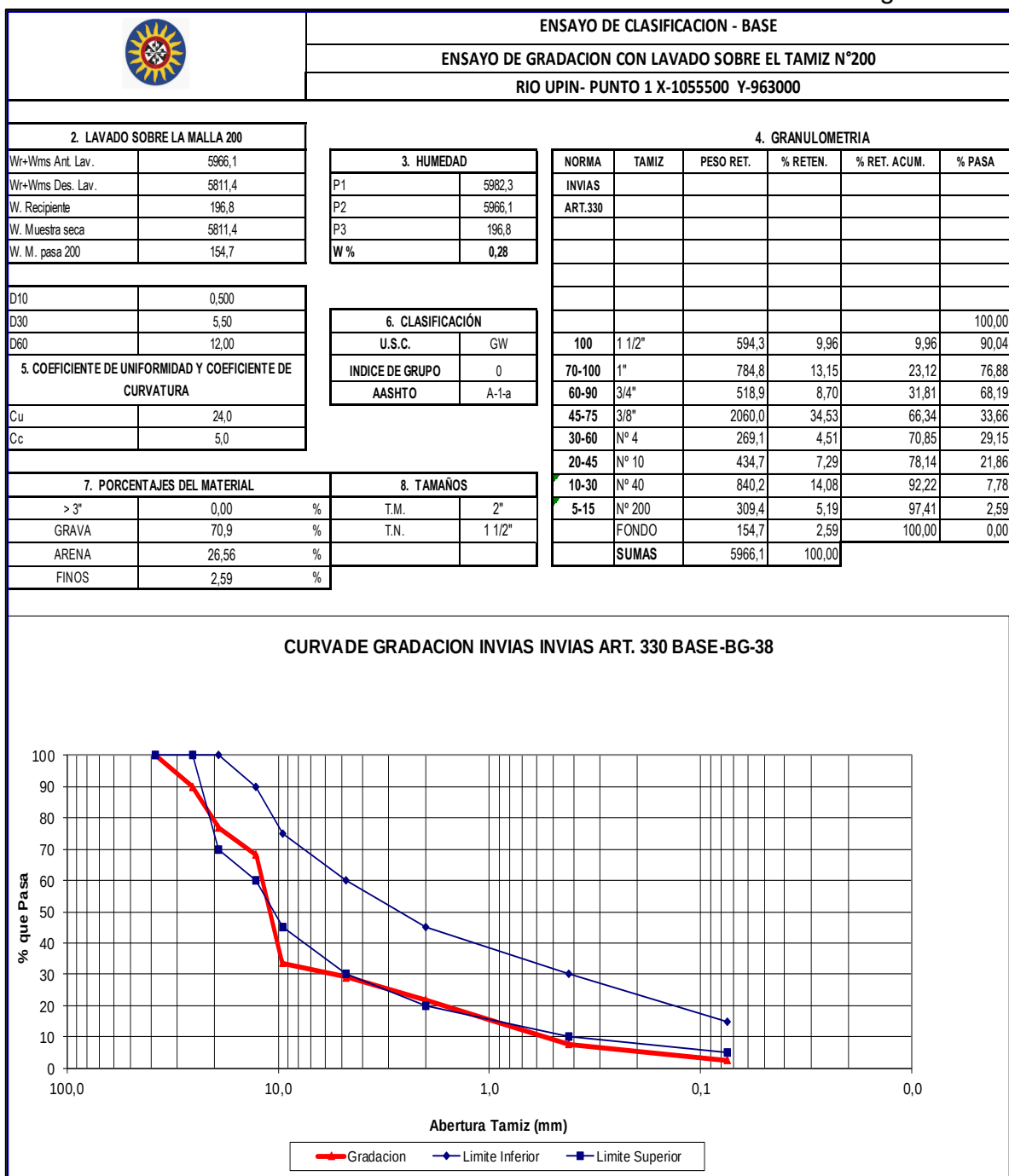


Figura 17. Curva granulométrica BG-38
Fuente: Autor.

[illegible]

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

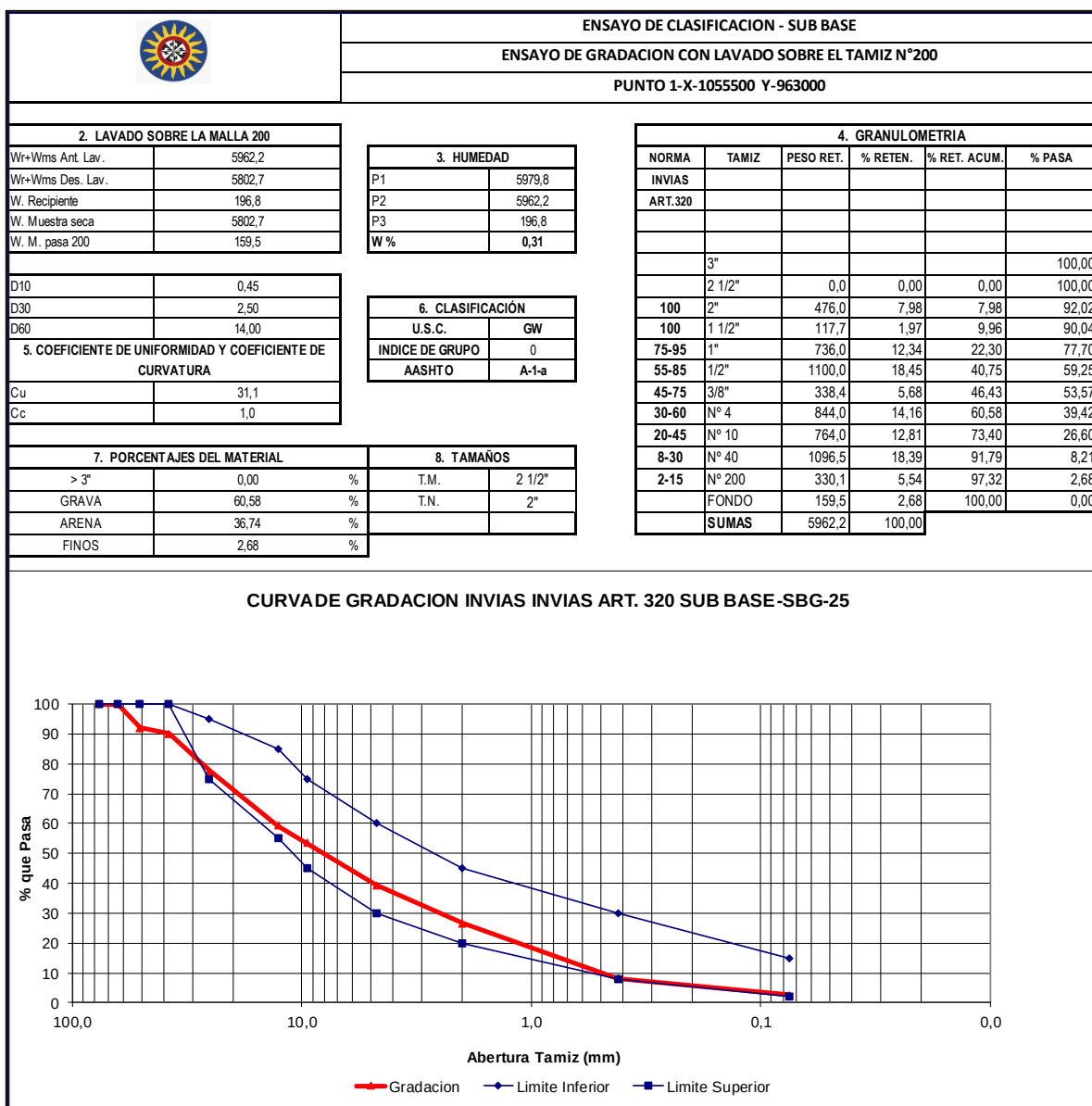


Figura 19. Curva granulométrica SBG-25
Fuente: Autor.

		ENSAYO DE CLASIFICACION - SUB BASE						
		ENSAYO DE GRADACION CON LAVADO SOBRE EL TAMIZ N°200						
		PUNTO 1-X-1055500 Y-963000						
2. LAVADO SOBRE LA MALLA 200								
Wr+Wms Ant. Lav.	5962,2							
Wr+Wms Des. Lav.	5802,7							
W. Recipiente	196,8							
W. Muestra seca	5802,7							
W. M. pasa 200	159,5							
D10	0,45							
D30	2,50							
D60	14,00							
5. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA								
Cu	31,1							
Cc	1,0							
3. HUMEDAD								
P1	5979,8							
P2	5962,2							
P3	196,8							
W %	0,31							
6. CLASIFICACIÓN								
U.S.C.	GW							
INDICE DE GRUPO	0							
AASHTO	A-1-a							
4. GRANULOMETRÍA								
NORMA	TAMIZ	PESO RET.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA			
INVIAS								
ART.320								
	3"				100,00			
	2 1/2"	0,0	0,00	0,00	100,00			
100	2"	476,0	7,98	7,98	92,02			
70-95	1 1/2"	117,7	1,97	9,96	90,04			
60-90	1"	736,0	12,34	22,30	77,70			
45-75	1/2"	1100,0	18,45	40,75	59,25			
40-70	3/8"	338,4	5,68	46,43	53,57			
25-55	Nº 4	844,0	14,16	60,58	39,42			
15-40	Nº 10	764,0	12,81	73,40	26,60			
6-25	Nº 40	1096,5	18,39	91,79	8,21			
2-15	Nº 200	330,1	5,54	97,32	2,68			
FONDO		159,5	2,68	100,00	0,00			
SUMAS		5962,2	100,00					
7. PORCENTAJES DEL MATERIAL								
> 3"	0,00	%	8. TAMAÑOS					
GRAVA	60,58	%	T.M.	2 1/2"				
ARENA	36,74	%	T.N.	2"				
FINOS	2,68	%						

CURVADE GRADACION INVIAS INVIAS ART. 320 SUB BASE-SBG-50

Abertura Tamiz (mm)	% que Pasa (Gradacion)	% que Pasa (Limite Superior)	% que Pasa (Limite Inferior)
100,0	100	100	100
75,0	92	100	92
60,0	90	90	80
47,5	78	78	60
37,5	60	60	45
30,0	55	55	40
25,0	40	40	30
20,0	30	30	25
15,0	25	25	20
12,5	20	20	15
10,0	18	18	12
7,5	15	15	10
6,0	12	12	8
4,75	10	10	7
3,75	8	8	6
3,0	7	7	5
2,5	6	6	4
2,0	5	5	3
1,5	4	4	2
1,25	3	3	1
1,0	2	2	1
0,75	1	1	0
0,6	0	0	0
0,5	0	0	0
0,425	0	0	0
0,375	0	0	0
0,3	0	0	0
0,25	0	0	0
0,2	0	0	0
0,15	0	0	0
0,125	0	0	0
0,1	0	0	0
0,075	0	0	0

USTA Sede Villavicencio – Facultad de Ingeniería Civil

9.2. DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES (METODO A).

Para realizar el ensayo es necesario separar el agregado con el peso requerido por cada tamiz en este caso los tamices necesarios para realizar el desgaste son los siguientes

Tabla 18. Granulometría de la muestra de ensayo

Tamaños de tamiz		Masa de la fracción, (gr) (Gradación A)
Pasa tamiz	Retenido en tamiz	
25.0 (1")	19.0 (3/4")	1250 ± 25
19.0 (3/4")	12.5 (1/2")	1250 ± 25
12.5 (1/2")	9.5 (3/8")	1250 ± 10
9.5 (3/8")	6.3 (1/4")	1250 ± 10

Fuente: Invias 2013.

Después de tener la masa de la fracción requerida en cada tamiz se une el agregado es decir la suma da alrededor de 5000 gr después de esto se agrega el material a la máquina de los ángeles con las 12 esferas dada por la especificación INV-E-218. En la Figura 21 se denota el peso del material de los tamices mencionados en la Tabla 18.



Figura 21. Peso antes del desgaste en la máquina de los ángeles

Fuente: Autor.

Después de agregar el material a la máquina de los ángeles se empieza a realizar el respectivo conteo de las vueltas para establecer el desgaste del agregado, como se indica en la Tabla 5 a 100 revoluciones y 500 revoluciones respectivamente, sin antes olvidar que con el tamiz No 12 hay que realizar el tamizaje del material, como se indica en la Tabla 22 para así pesar la masa retenida y determinar el desgaste.



Figura 22. Tamizaje material de desgaste por el tamiz No 12.
Fuente: Autor.

En la Figura 23 se observa el resultado después de realizar el respectivo desgaste, sin antes olvidar pasar el material por el tamiz No 12 y realizar el lavado por este tamiz.



Figura 23. Peso material después del desgaste en la máquina de los ángeles.
Fuente: Autor.

Los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 19 para el río Upin y Tabla 20 para el río Salinas.

Tabla 19. Resultados desgaste máquina de los ángeles rio Upin

RESULTADOS DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES RIO UPIN						
ENSAYOS	1	2	3	4	5	6
MUESTRA	500 REV	100 REV	500 REV	100 REV	500 REV	100 REV
MATERIAL	PUNTO 1	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 3
GRADACION USADA	A	A	A	A	A	A
Pa grs.	5002	5002	5000	5000	5000	5000
Pb grs.	3462,1	4708,2	3421,8	4698,8	3455	4703,7
DESGASTE %	30,8	5,9	31,6	6,0	30,9	5,9

Fuente: Autor.

Tabla 20. Resultados desgaste máquina de los ángeles rio Salinas

RESULTADOS DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES RIO SALINAS						
ENSAYOS	1	2	3	4	5	6
MUESTRA	500 REV	100 REV	500 REV	100 REV	500 REV	100 REV
MATERIAL	PUNTO 1	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 3
GRADACION USADA	A	A	A	A	A	A
Pa grs.	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Pb grs.	2225,6	4561,5	2201,2	4575,8	2192,5	4566,1
DESGASTE %	55,5	8,8	56,0	8,5	56,2	8,7

Fuente: Autor.

Donde Pa hace referencia al peso de la muestra seca antes del ensayo y Pb al peso de la muestra lavada por el tamiz No 12 y posteriormente secada.

En el anexo B se denotan las tablas de Excel correspondientes a cada punto estudiado.

9.3. PERDIDAS EN ENSAYO DE SOLIDEZ FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS DE SODIO Y DE MAGNESIO

Para llevar a cabo el procedimiento de este ensayo es necesario sulfato de magnesio y de sodio para la elaboración de la mezcla para dejar saturadas las partículas de cada tamiz. Antes de esto se mide un litro de agua en una probeta y se pesan 300 gramos de cada sulfato para disolverlo en el agua.

Este procedimiento se debe realizar en 5 ciclos como lo indica la norma sin antes olvidar lavar el material para limpiar los residuos de sulfato de sodio y magnesio que

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares
quedan en las partículas del agregado. En la siguiente figura se observa el agregado separado por tamiz sumergido en la mezcla de sulfato de magnesio y sodio individualmente.



Figura 24. Material sumergido en sulfato de sodio y magnesio
Fuente: Autor.

9.4. RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO PROCTOR MODIFICADO).

El Proctor modificado es el ensayo por el cual determinamos la humedad optima a la hora de compactar cuando se extiende una base o sub-base. En este caso se va a realizar el ensayo de Proctor utilizando el método C es decir hay que tamizar el agregado por el tamiz 3/4" para realizar el ensayo.

Siendo así se prepararon 4 muestras de alrededor 5000 gramos a 6000 gramos como se observa en la Figura 25 para luego agregar agua en porcentajes del 2%, 4%, 6% y 8% del material pesado esto se ve reflejado en la Figura 26.



Figura 25. Peso del recipiente + material seco
Fuente: Autor.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Como se mencionaba anteriormente después de pesar el material con el cual se va a realizar el Proctor se añade con la ayuda de una probeta cualquiera de los porcentajes dados de acuerdo con el peso, en la siguiente figura se demuestra el procedimiento.



Figura 26. Añadiendo agua a la muestra.
Fuente: Autor.

Se tiene que revolver el material hasta que alcance una humedad homogénea en el material para empezar a realizar la compactación como se demuestra en la Figura 27.



Figura 27. Demostración Proctor Modificado.
Fuente: Autor.

Por último, se pesa el recipiente del Proctor con el material incluido para registrar este peso, de la manera que se observa en la Figura 28.



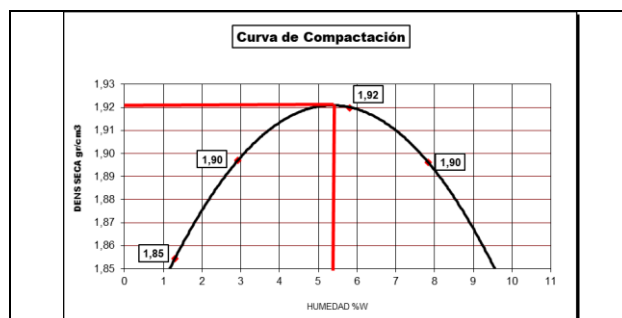
Figura 28. Peso recipiente + material húmedo
Fuente: Autor.

Para culminar se extrae más de 100 gramos como lo indica la norma INV-E-142 y así establecer la humedad, este procedimiento se debe realizar para cada punto de humedad.



Figura 29. Peso recipiente + material húmedo
Fuente: Autor.

La curva de compactación para poder encontrar la humedad óptima con la cual se realizó el CBR se observa en las siguientes figuras. En los anexos D se pueden denotar las tablas de Excel correspondiente al ensayo.



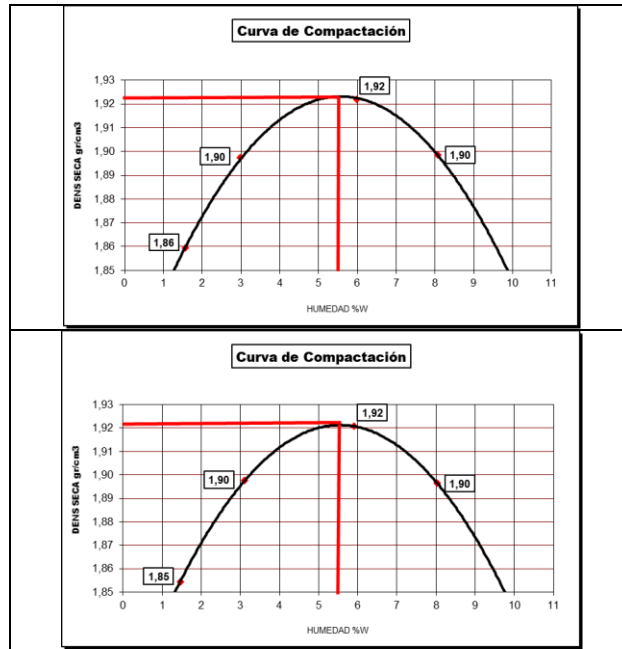


Figura 30. Curva de compactación puntos río Upin.
Fuente: Autor.

9.5. CBR EN LABORATORIO

El ensayo conocido por sus siglas en inglés como CBR (California Bearing Ratio). ayuda a determinar la capacidad de soporte del suelo el cual se expresa como la relación entre el esfuerzo y la deformación ejerciendo presión con un pistón de carga. Para llevar a cabo el ensayo fue necesario tener en cuenta la humedad optima como resultado del Proctor modificado.

Para comenzar se necesita realizar el pesaje del molde y del material a utilizar como se demuestra en la siguiente figura, sin antes olvidar que el agregado debe estar tamizado por el tamiz de 3/4".

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Figura 31. Pesos para el CBR
Fuente: Autor.

Después de tener el material para realizar el se añade el porcentaje de la humedad de acuerdo con el peso del agregado a usar, se debe realizar el proceso de compactación a 10, 25 y 56 golpes. El procedimiento se puede observar en la siguiente figura.



Figura 32. Compactación CBR 10,25, 56 golpes.
Fuente: Autor.

Después de realizar la compactación del CBR se toma el peso del material húmedo (Figura 33) y se deja en inmersión por 4 días para realizar el fallo en la prensa de carga y así determinar la capacidad de soporte que tiene el agregado.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Figura 33. Molde CBR + Material húmedo.
Fuente: Autor.

Siendo los 4 días de inmersión se procedió a realizar el fallo en la prensa Master Loader 5030 de la Universidad Santo Tomas, así como se observa en la siguiente figura.



Figura 34. Fallo de CBR en prensa de carga Máster Loader 5030.
Fuente: Autor.

Las correspondientes graficas del fallo se observan en la siguiente figura.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

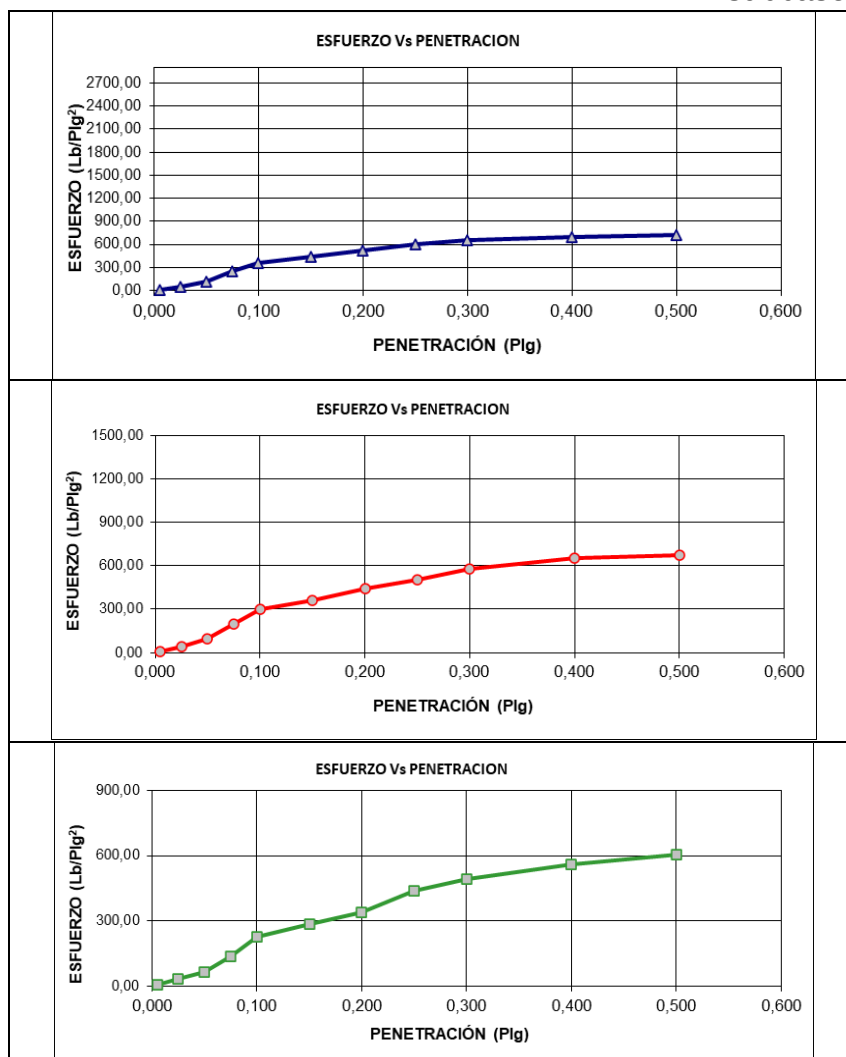


Figura 35. Curvas Esfuerzo / Penetración 10, 25, 56 golpes.
Fuente: Autor.

Una vez se obtiene las gráficas anteriores lo siguiente es realizar la gráfica para poder determinar el CBR del agregado pétreo de acuerdo con el peso unitario seco.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

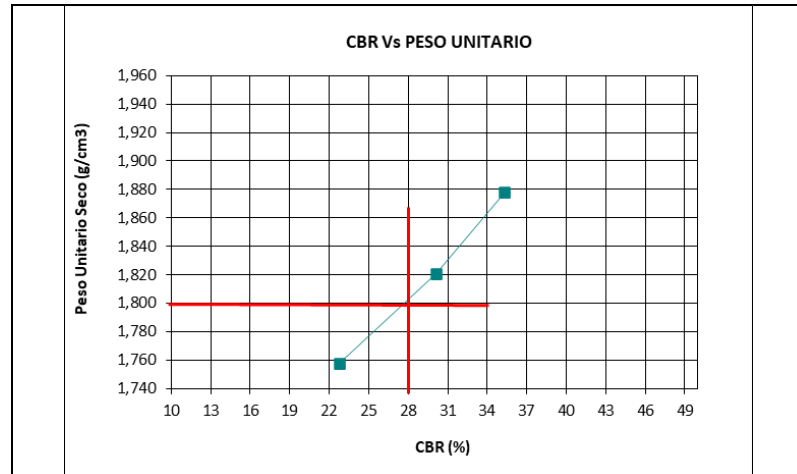


Figura 36. Grafica para determinar CBR del agregado
Fuente: Autor.

Para esto hay que tener en cuenta el peso unitario seco el cual se obtiene con el peso del recipiente + el material húmedo, para cada uno de los ensayos a compactación, y el resultado de la densidad máxima seca dada por el Proctor y este multiplicado por el 95%, debido que para sub-bases el valor de aceptación en caso de tomar densidades es del 95%.

10. ANALISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con lo establecido en los objetivos lo primero a analizar fue la mejor zona para poder recolectar el material a estudio, para ello con la ayuda de ArcGIS se determinó esta zona teniendo en cuenta la geología de la cuenca y el fácil acceso.

Debido a la cantidad de ensayos y dado que son ríos diferentes se dividen en subcapítulos

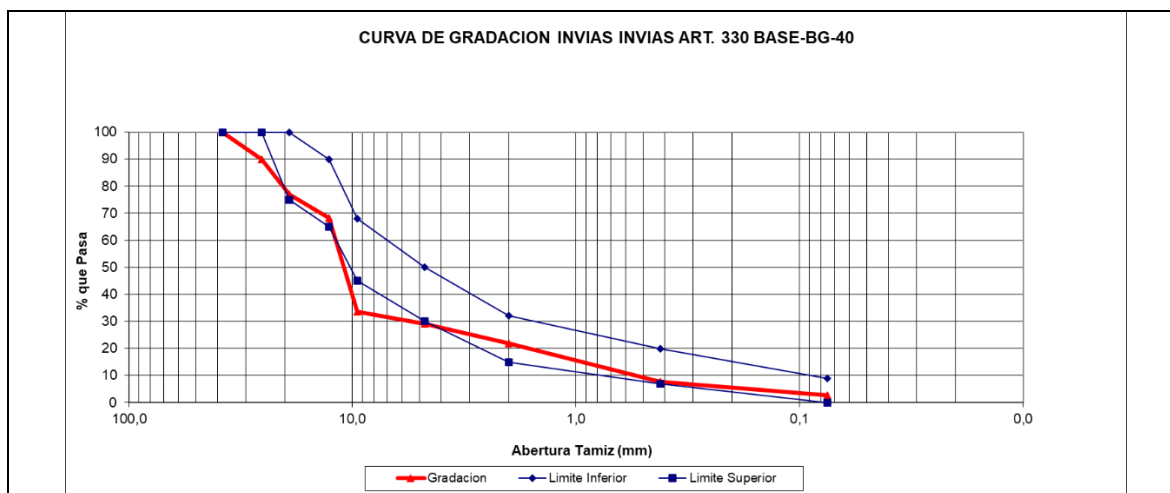
10.1. RIO UPIN

10.1.1. Análisis granulométrico

Para poder verificar la calidad del agregado empezamos con las granulometrías de los puntos dados lo cual nos dio como resultado lo siguiente.

❖ Punto 1

En la siguiente figura se puede denotar las gráficas de las granulometrías para cada tipo de base.



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

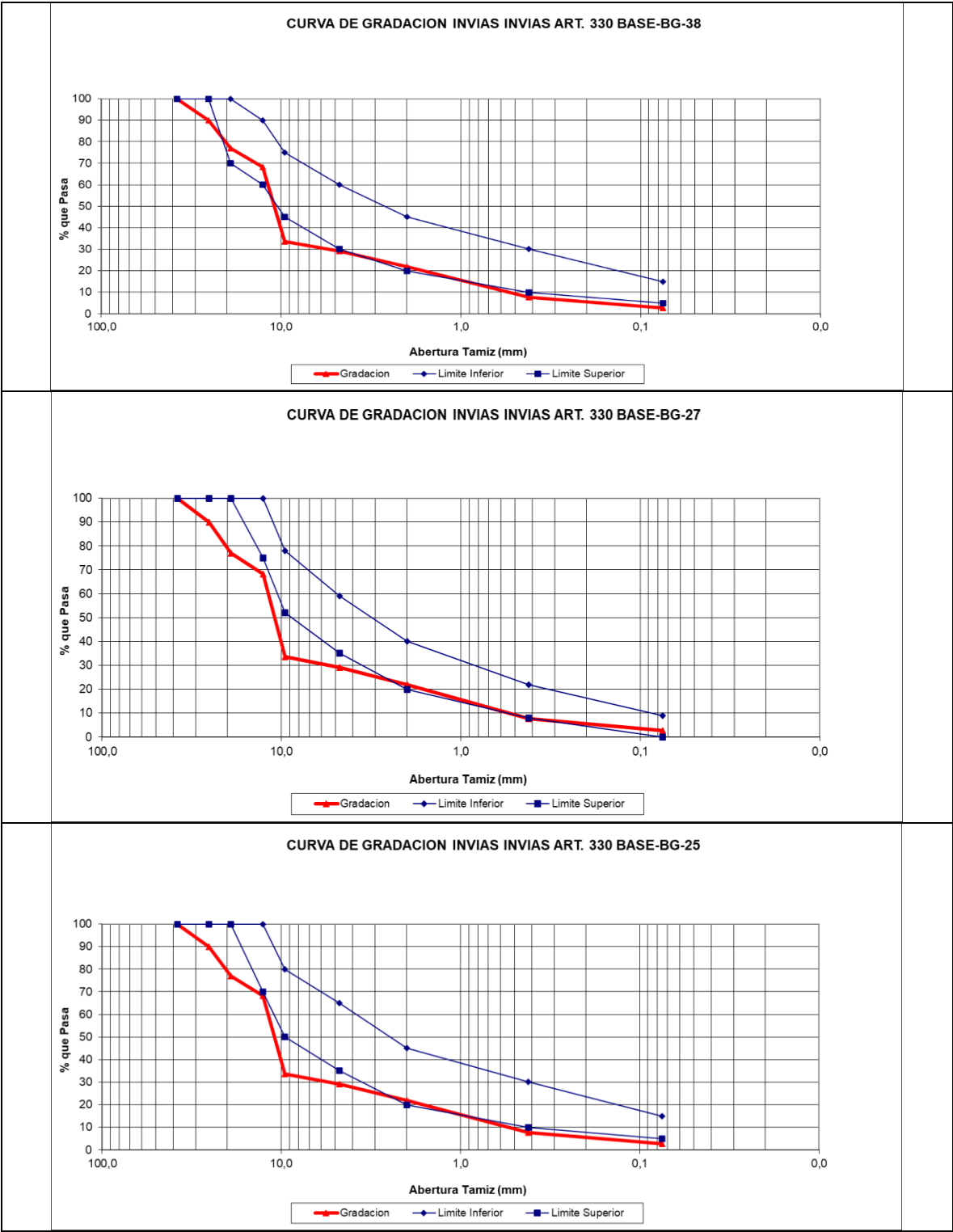


Figura 37. Curvas granulométricas para base – Punto 1 del río Upin.
Fuente: Autor.

Para poder realizar un análisis de cada uno de los tipos de base realizo la siguiente tabla.

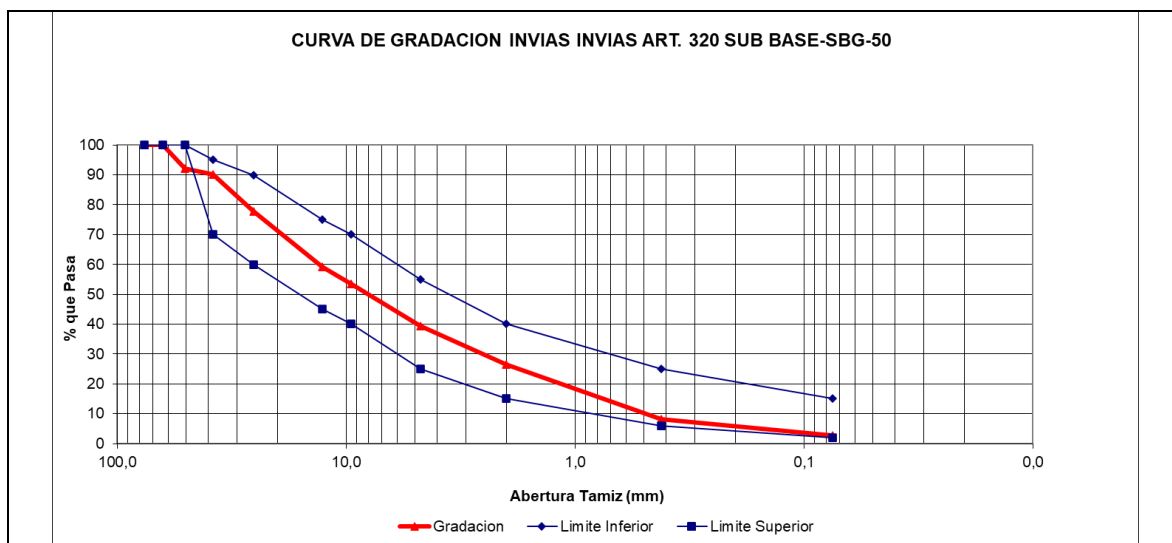
Tabla 21. Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 1 rio Upin.

TIPO DE BASE	CRITERIO
BASE BG-40	No cumple con los límites en el tamiz de 1 1/2", 3/8", No 4 y No 10.
BASE BG-38	No cumple con los límites en el tamiz de 1 1/2", 3/8", No 4, No 40 y No 200.
BASE BG-27	Solo cumple con los limites en el tamiz No 10 y No 200
BASE BG-25	Solo cumple con los limites en el tamiz No 10

Fuente: Autor.

La tabla nos refleja que el material del punto 1 se comporta como un agregado grueso debido que al tipo de base al que mejor se ajusta entre los limites inferiores y superiores del Invias para las granulometrías es a la base BG-40.

Se realizo el mismo procedimiento para la sub-base para así poder determinar si se comporta mejor como base o subbase el material, en la siguiente figura se observan las granulometrías para SBG-50 y SBG-25.



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

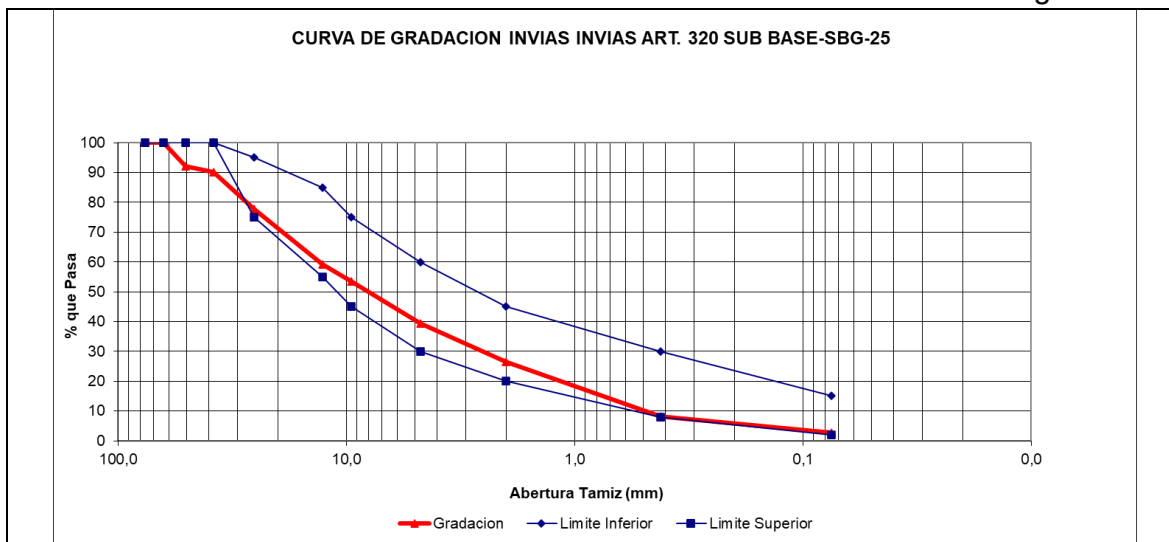
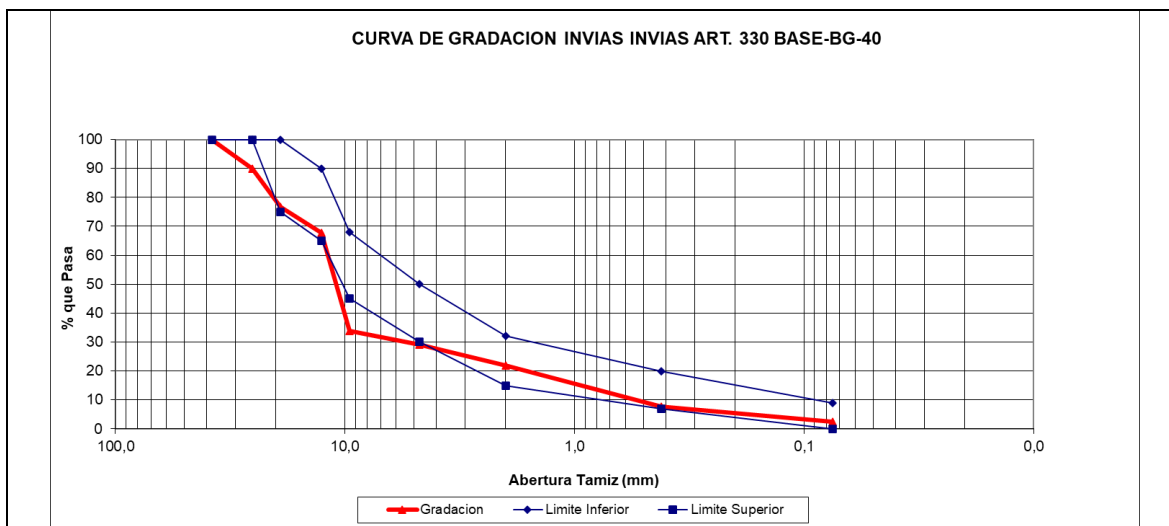


Figura 38. Curvas granulométricas para sub base – Punto 1 rio Upin.
Fuente: Autor.

De acuerdo con lo anterior el material se comporta entra a comportarse mejor dentro de los limites dados por el tipo de subbase SBG-50, dado que solo incumple con el 100% de pasa requerido en el tamiz de 2”.

❖ Punto 2

En la siguiente figura se demuestra la granulometría para cada tipo de base y poder determinar a cuál pertenece.



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

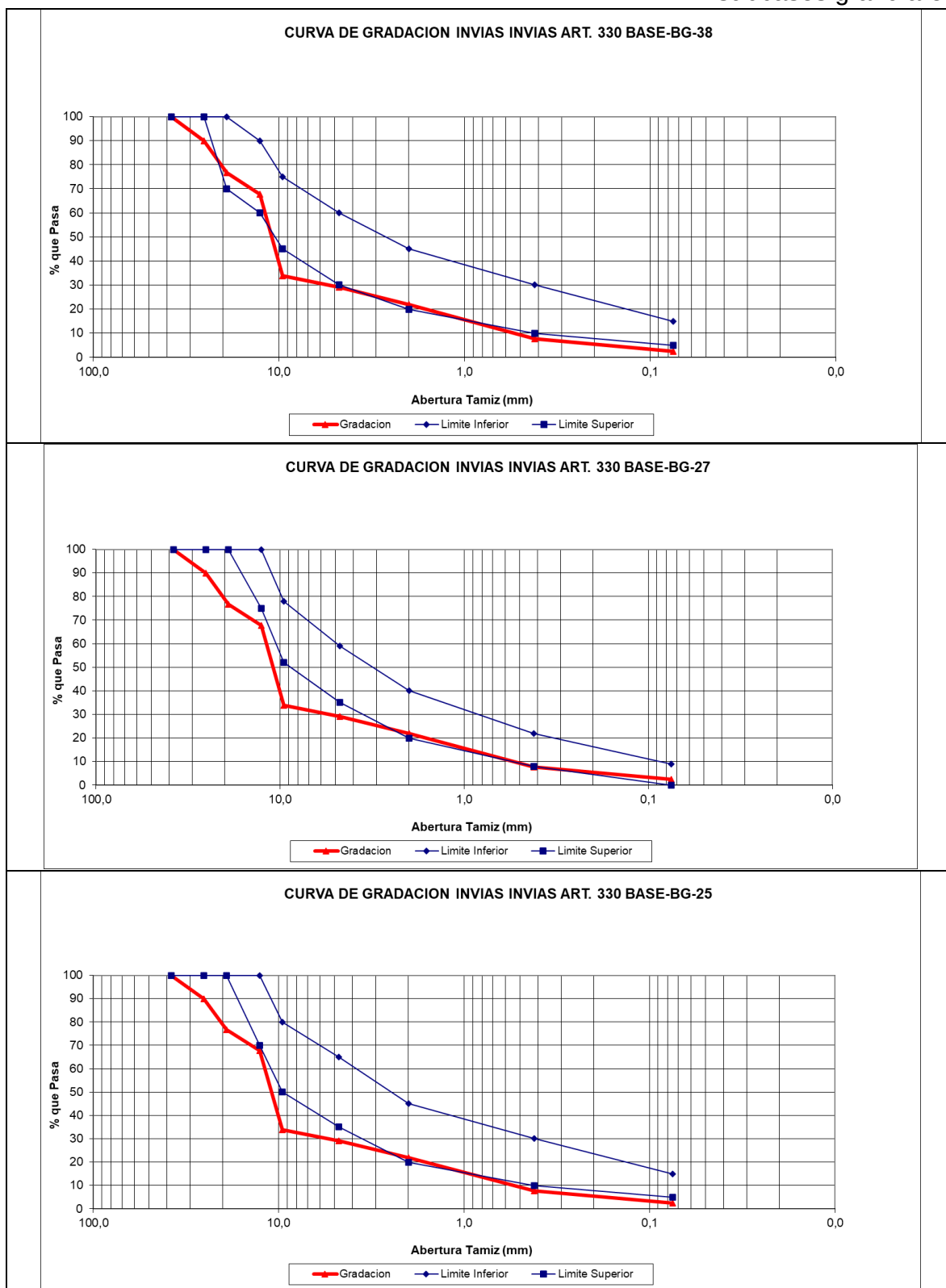


Figura 39. Curvas granulométricas para base – Punto 2 rio Upin.
Fuente: Autor.

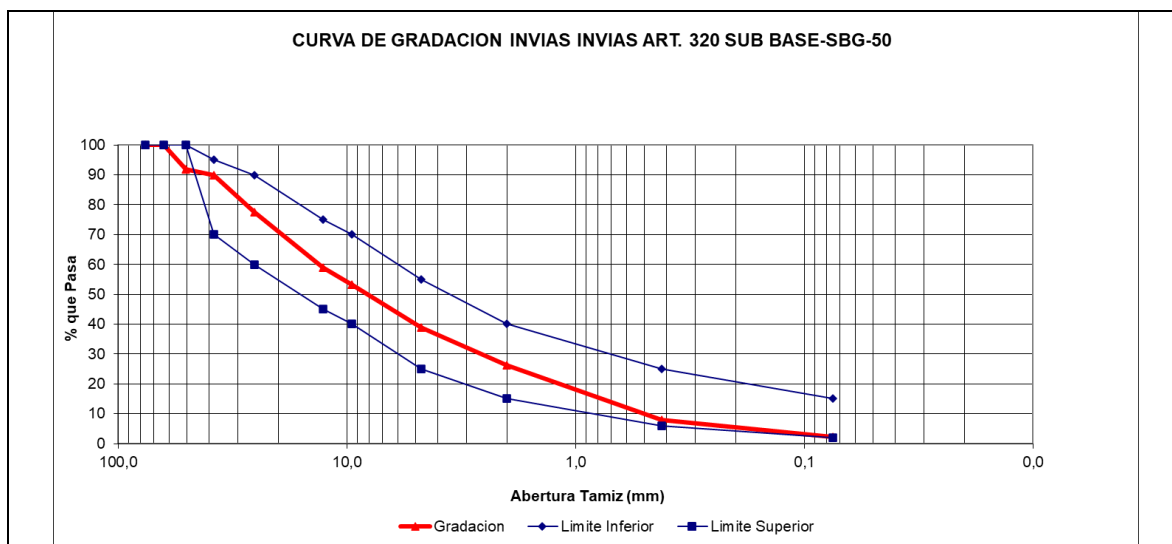
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

En la siguiente tabla se realiza el análisis de cada una de las granulometrías para cada tipo de base.

Tabla 22. Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 2 rio Upin.

TIPO DE BASE	CRITERIO
BASE BG-40	No cumple con los límites en el tamiz de 1 1/2", 3/8", No 4 y No 10.
BASE BG-38	No cumple con los límites en el tamiz de 1 1/2", 3/8", No 4, No 40 y No 200.
BASE BG-27	Solo cumple con los limites en el tamiz No 10 y No 200
BASE BG-25	Solo cumple con los limites en el tamiz No 10

Para la subbase se realizó la curva granulométrica los tamices indicados por el Invias 2013 en la tabla 10.



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

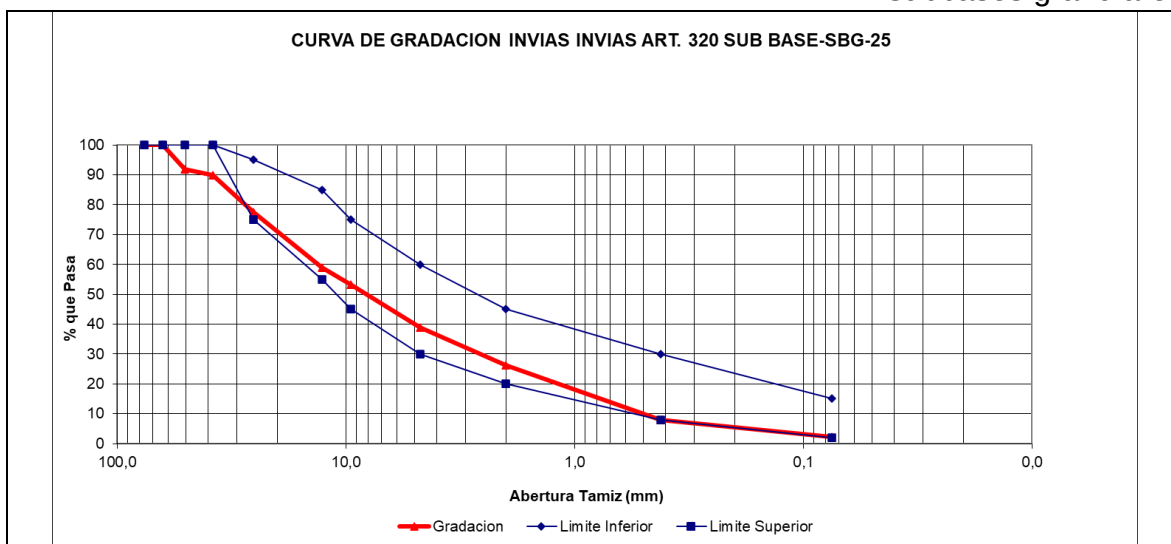
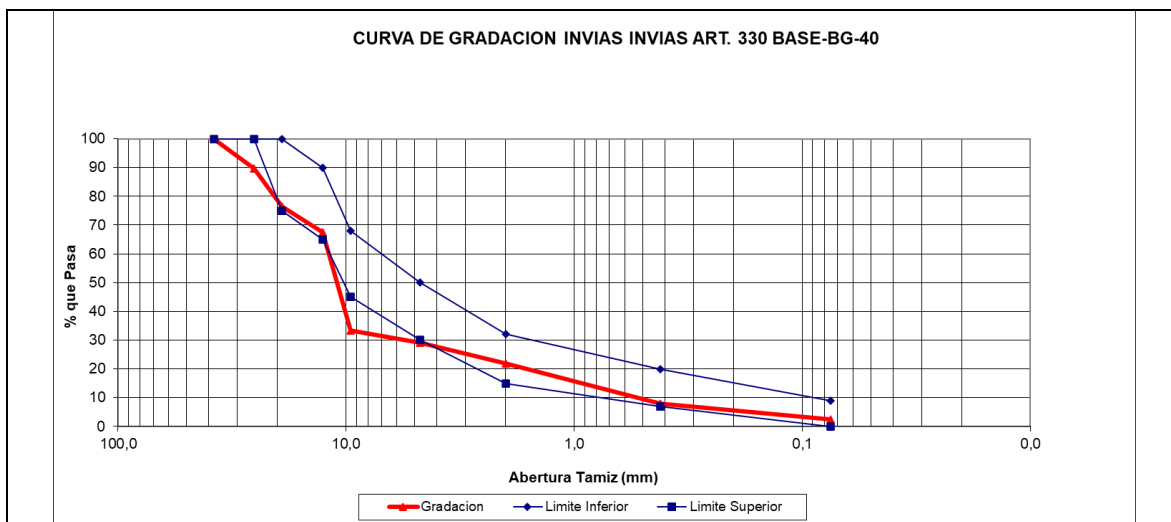


Figura 40. Curvas granulométricas para sub-base – Punto 2 rio Upin.
Fuente: Autor.

De acuerdo con lo presentado en la figura 36, el agregado se ajusta de una mejor manera entre los límites dados por el tipo de base SBG-50, teniendo en cuenta que solo incumple con el 100% de material que pasa en el tamiz 2”.

❖ Punto 3

A continuación, se demuestran las gráficas de las curvas granulométricas para base para así poder clasificar el agregado al tipo de base de acuerdo con los límites inferiores y superiores requeridos por el Invias



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

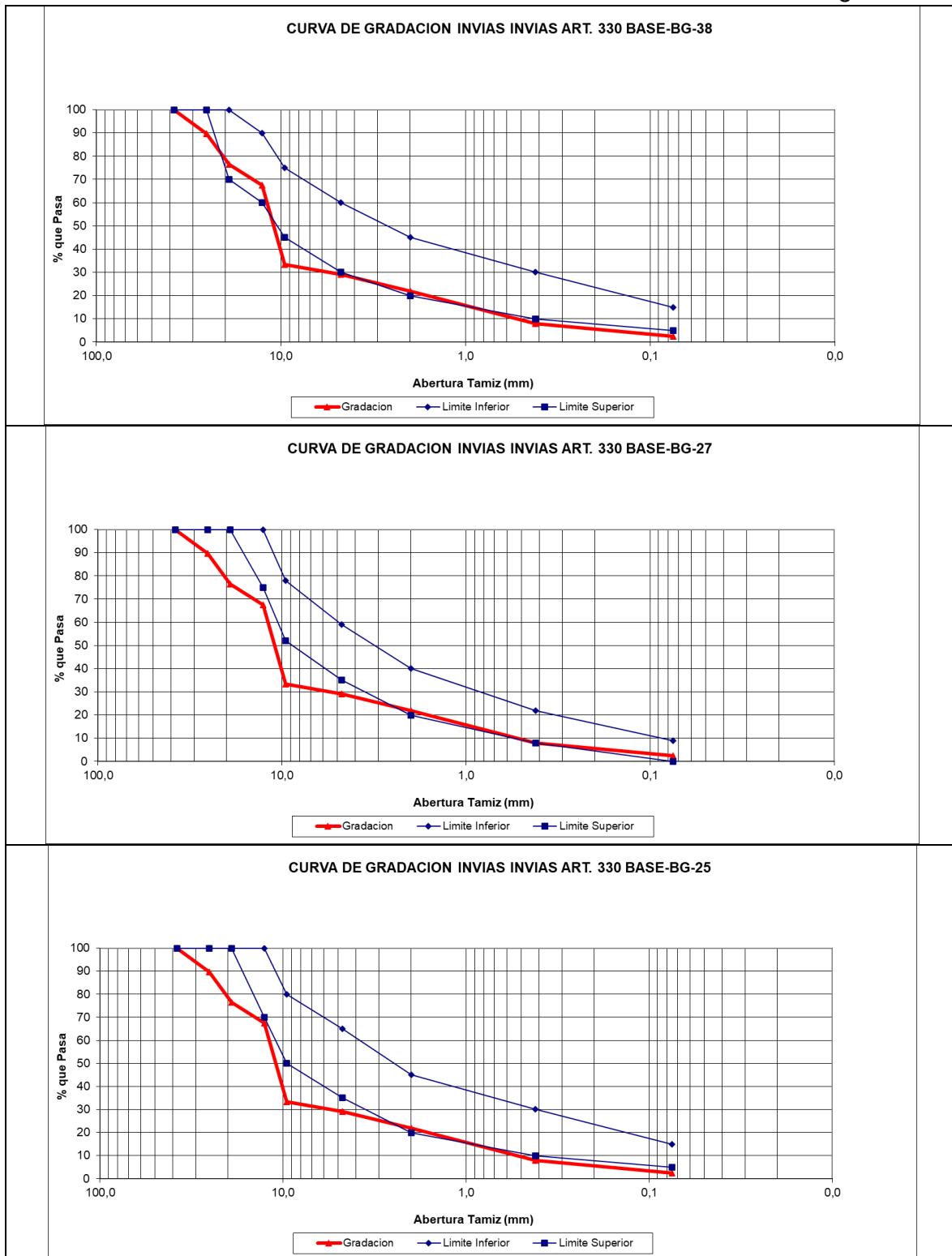


Figura 41. Curvas granulométricas para base – Punto 3 rio Upin.

Para llevar a cabo el análisis de acuerdo con el tipo de base de las curvas granulométricas se realizó la siguiente tabla.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Tabla 23. Observaciones curvas granulométricas – Punto 3 rio Upin.

TIPO DE BASE	CRITERIO
BASE BG-40	No cumple con los límites en el tamiz de 1 1/2", 3/8", No 4 y No 10.
BASE BG-38	No cumple con los límites en el tamiz de 1 1/2", 3/8", No 4, No 40 y No 200.
BASE BG-27	Solo cumple con los limites en el tamiz No 10 y No 200
BASE BG-25	Solo cumple con los limites en el tamiz No 10

Fuente: Autor.

Para subbase los resultados de las gráficas granulométricas fueron los siguientes.

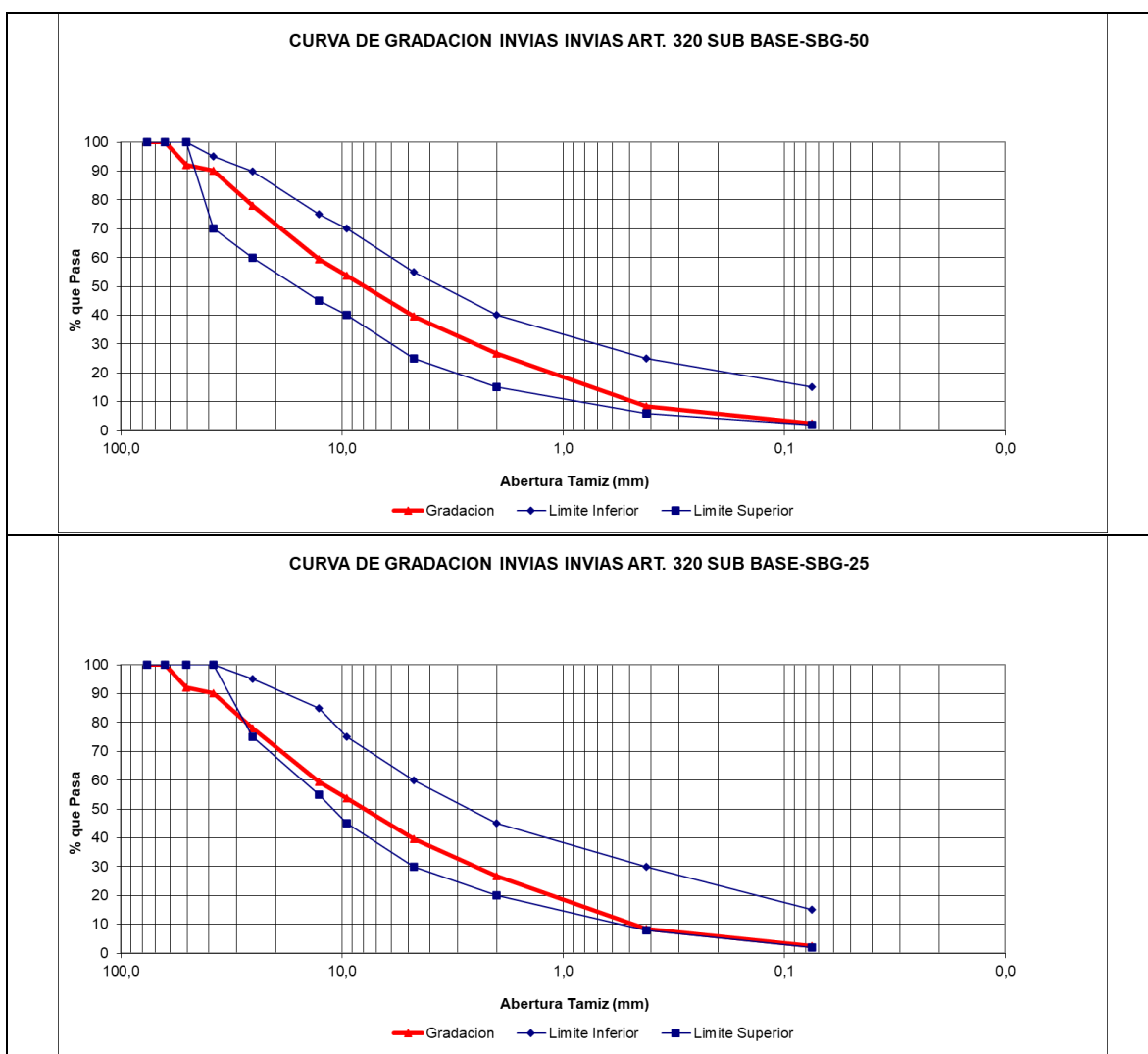


Figura 42. Curvas granulométricas para sub-base – Punto 3 rio Upin.

10.1.2. Desgaste en la máquina de los ángeles.

Teniendo en cuenta el tipo de revoluciones para cada tipo de material siendo base o subbase se realiza el ensayo para así poder determinar el desgaste y tener el criterio de si el material cumple o no con la especificación dada por el Invias.

Los porcentajes que dieron como resultado en la máquina de los ángeles para el rio Upin estuvieron dentro del 30% al 32%, esto indica que el agregado puede ser suministrado como base o sub-base. En consecuencia, a la granulometría dada el material cumple con el requisito máximo debido a que no supera el 50% de desgaste para sub-bases granulares, lo cual se puede denotar en la figura siguiente.

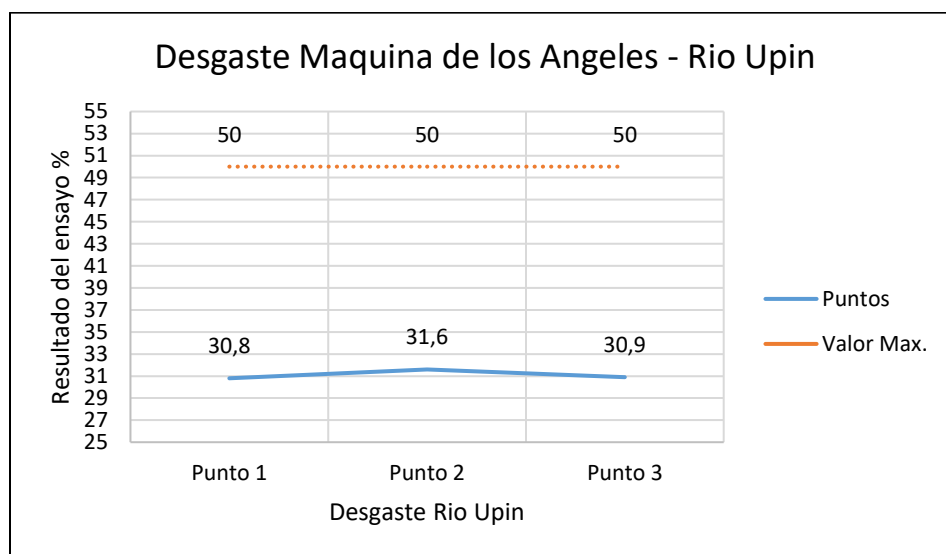


Figura 43. Grafico resultados desgaste maquina de los Angeles del rio Upin.

Fuente: Autor.

Se puede evidenciar que el material cumple para ser suministrado como subbase en los 3 puntos analizados dado que no supera el límite máximo que es del 50%.

10.1.3. Perdidas en ensayo de solidez sulfatos de sodio y magnesio.

Con el fin de saber la resistencia frente a la desintegración por la acción de los agentes atmosféricos se separo en tamices las partículas del agregado para así dejarlas en inmersión, en las siguientes figuras se puede denotar los resultados del punto 1 y a su vez la grafica que representa los tres puntos analizados.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO UPIN-PUNTO 1-X-1055500 Y-963000				
		SULFATO DE MAGNESIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	476	220,3	219,3	0,5	2,2
2"	1 1/2"	117,7	58,6	57,4	2,0	2,4
1 1/2"	1 "	736	350,8	349,1	0,5	3,6
1 "	1/2"	1100	500,5	499,4	0,2	2,4
1/2"	3/8"	338,4	150,2	149,3	0,6	2,0
3/8"	N. 4	844	400,1	398,8	0,3	2,7
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			15,3			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	764,0	300,3	298,6	0,6	4,3
N. 10	N. 40	1096,5	500,1	497,9	0,4	4,8
N. 40	N. 200	330,1	150	148,3	1,1	3,7
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			12,9			

Figura 44. Resultados perdida del agregado grueso y fino en sulfato de magnesio

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO UPIN-PUNTO 1-X-1055500 Y-963000				
		SULFATO DE SODIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	476	206,2	205,3	0,4	2,1
2"	1 1/2"	117,7	52,1	51,3	1,5	1,8
1 1/2"	1 "	736	301,6	300,8	0,3	2,0
1 "	1/2"	1100	503,8	503,1	0,1	1,5
1/2"	3/8"	338,4	150,3	149,3	0,7	2,3
3/8"	N. 4	844	400,2	399,8	0,1	0,8
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			10,5			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	764,0	350,3	349,2	0,3	2,4
N. 10	N. 40	1096,5	500,1	499,5	0,1	1,3
N. 40	N. 200	330,1	150,0	149,3	0,5	1,5
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			5,3			

Figura 45. Resultados sanidad del agregado grueso y fino en sulfato de sodio

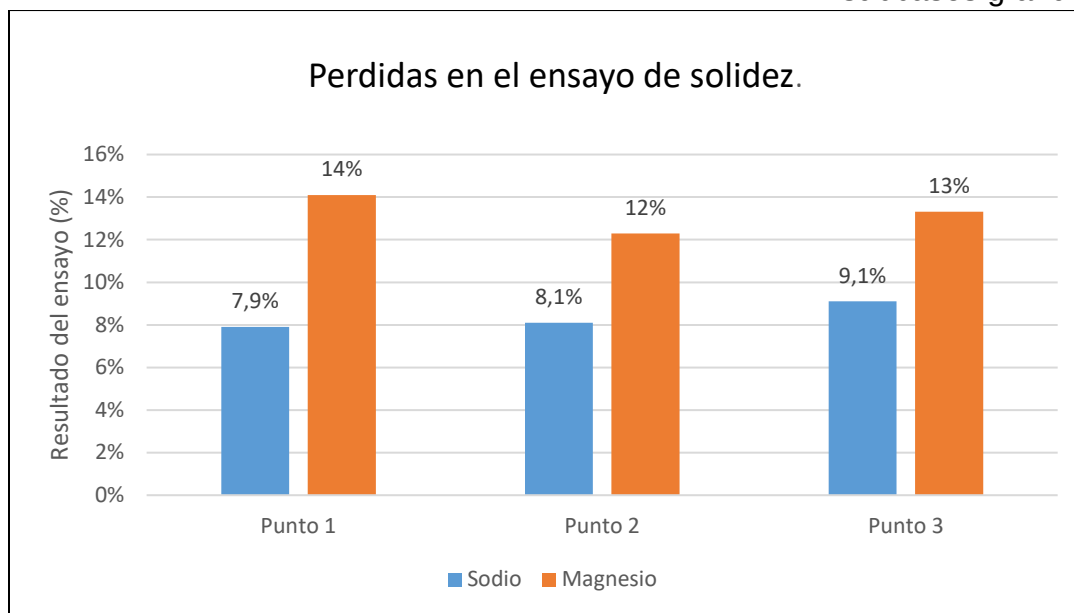


Figura 46. Resultados perdida frente a la acción de sulfatos en rio Upin
Fuente: Autor.

Esto indicia que los valores entres los que se encuentra la perdida frente a la acción de sulfatos de sodio y magnesio oscilan entre 7%-10% para sodio, siendo el caso del sulfato de magnesio los valores se encuentran entre el 14%-12%.

10.1.4. CBR

De acuerdo con los resultados obtenidos en laboratorio realizando el fallo del CBR se realizó la gráfica 42 donde se indica que el material cumple con el CBR en inmersión para ser suministrado como subbase teniendo resultados entre el 30% y 40%, indicando que por criterio del Invias solo se podría suministrar para sub-bases de clase C y B.

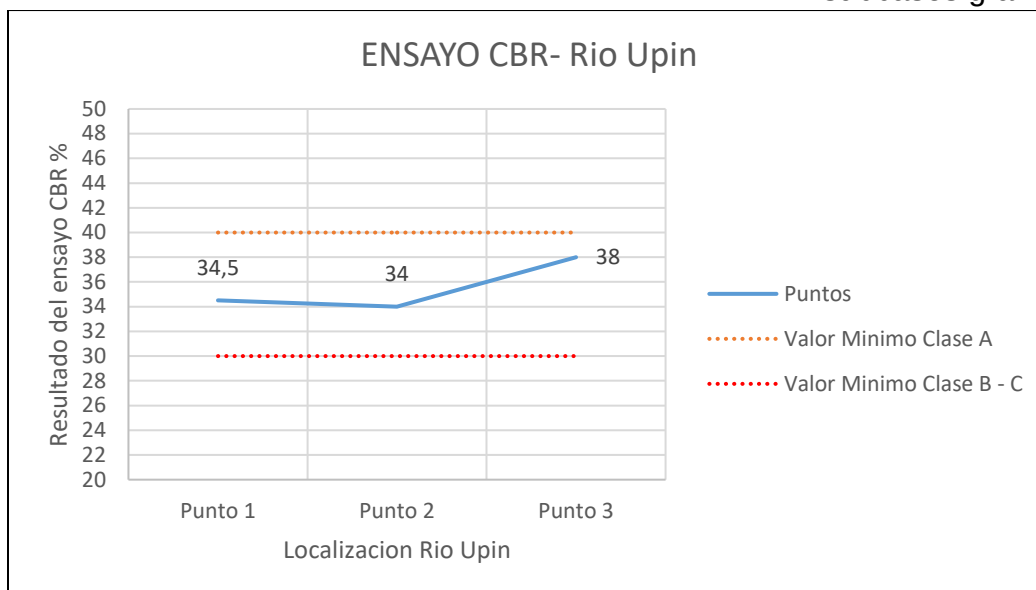


Figura 47 Ensayo de CBR-Rio Upin
Fuente: Autor.

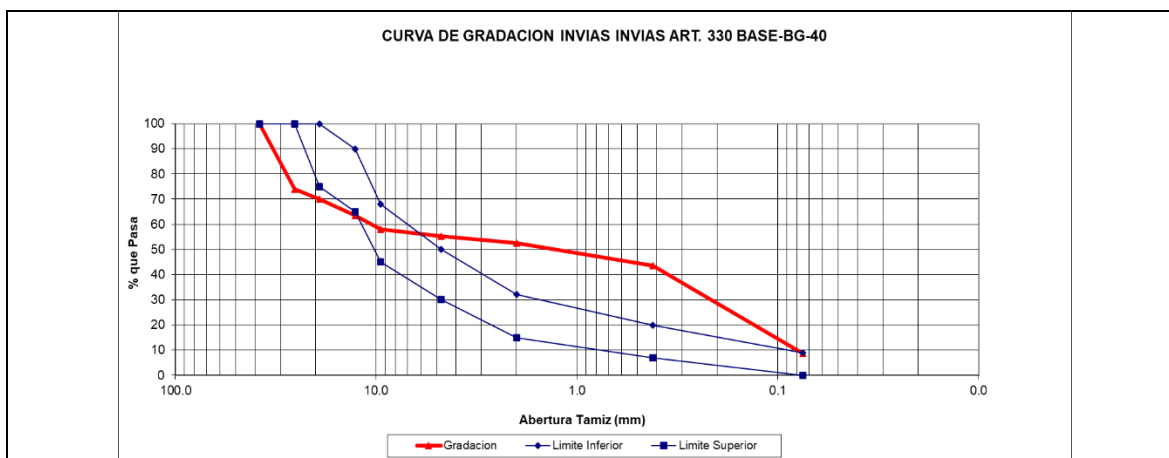
10.2. RIO SALINAS

10.2.1. Análisis granulométrico

Para poder verificar la calidad del agregado empezamos con las granulometrías de los puntos dados lo cual nos dio como resultado lo siguiente.

❖ Punto 1

En la siguiente figura se puede denotar las gráficas de las granulometrías para cada tipo de base.



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

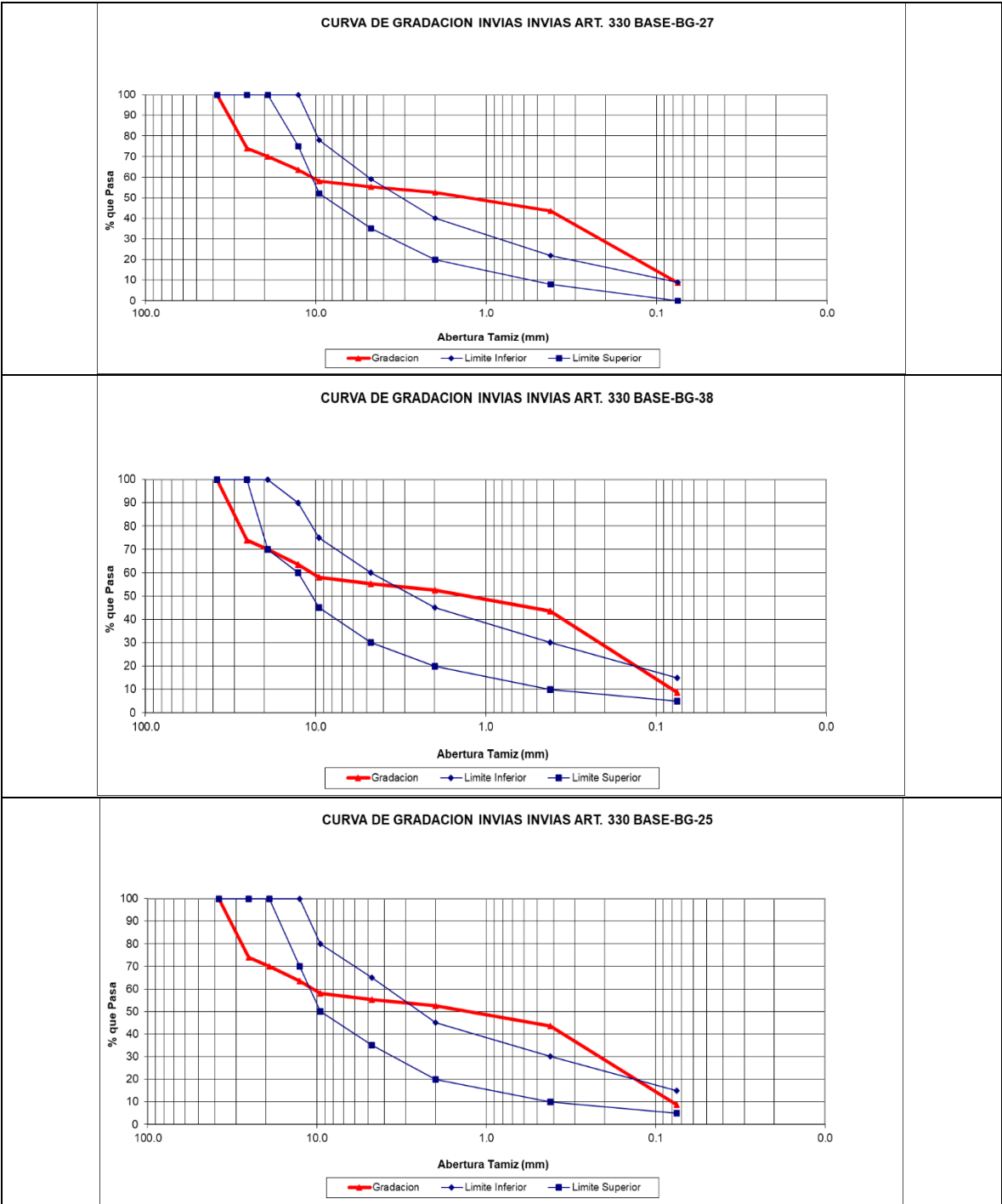


Figura 48 Curvas granulométricas para base – Punto 1 rio Salinas.
Fuente: Autor.

Para poder realizar un análisis de cada uno de los tipos de base realizo la siguiente tabla.

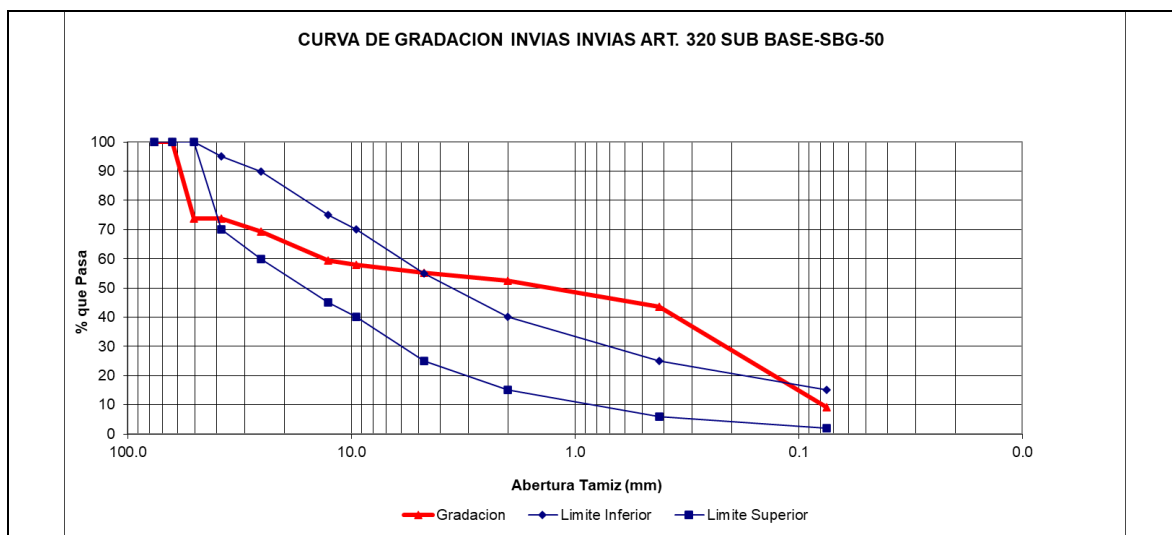
Tabla 24 Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 1 rio Salinas.

TIPO DE BASE	CRITERIO
BASE BG-40	Solo el tamiz 3/8 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.
BASE BG-38	Solo los tamices 3/8, N°4 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.
BASE BG-27	Solo los tamices 3/4,3/8, N°4 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.
BASE BG-25	Solo los tamices 3/8, N°4 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.

Fuente: Autor.

La tabla nos refleja que el material del punto 1 se comporta como una arena pues la curva granulométría está por encima del límite superior lo que indica que hay una gran cantidad de arena en el material, la base que más se aproxima a estar dentro de los limites inferiores y superiores es la BG-38.

Se realizo el mismo procedimiento para la sub-base para así poder determinar si se comporta mejor como base o subbase el material, en la siguiente figura se observan las granulometrías para SBG-50 y SBG-25.



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

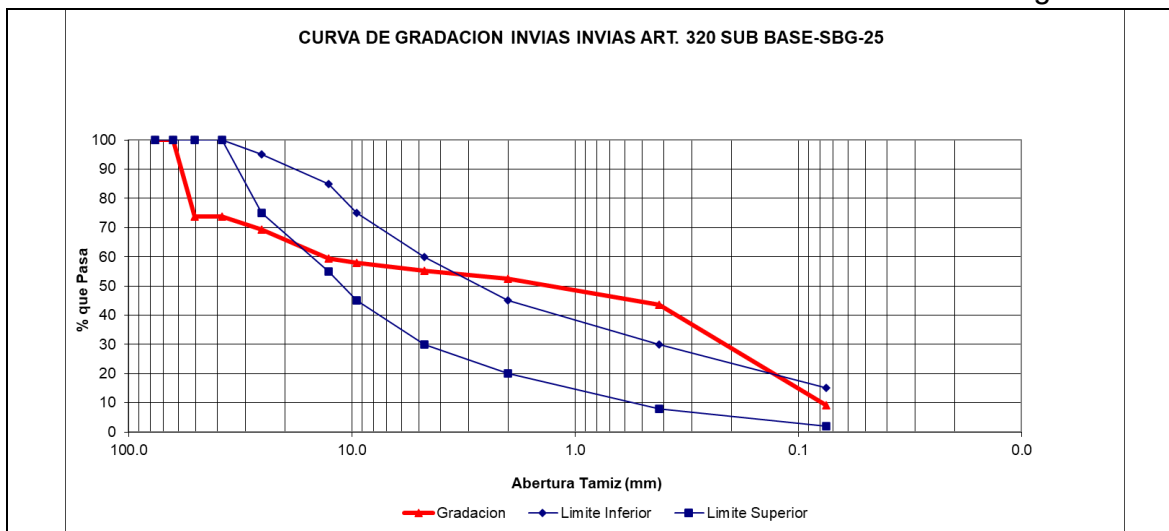
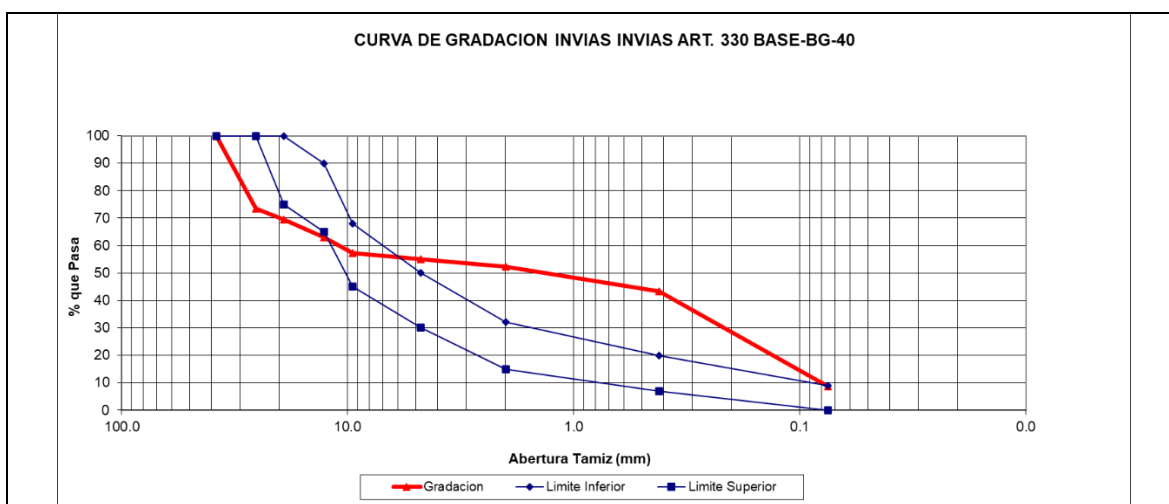


Figura 49 Curvas granulométricas para Sub base – Punto 1 rio Salinas.
Fuente: Autor.

De acuerdo con lo anterior el material se comporta como una arena pues la curva granulométrica se encuentra por encima del límite superior, la sub-base que más se acerca a cumplir dentro de los límites es la SBG-50.

❖ Punto 2

A continuación, se demuestran las gráficas de las curvas granulométricas para base para así poder clasificar el agregado al tipo de base de acuerdo con los límites inferiores y superiores requeridos por el Inviás



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

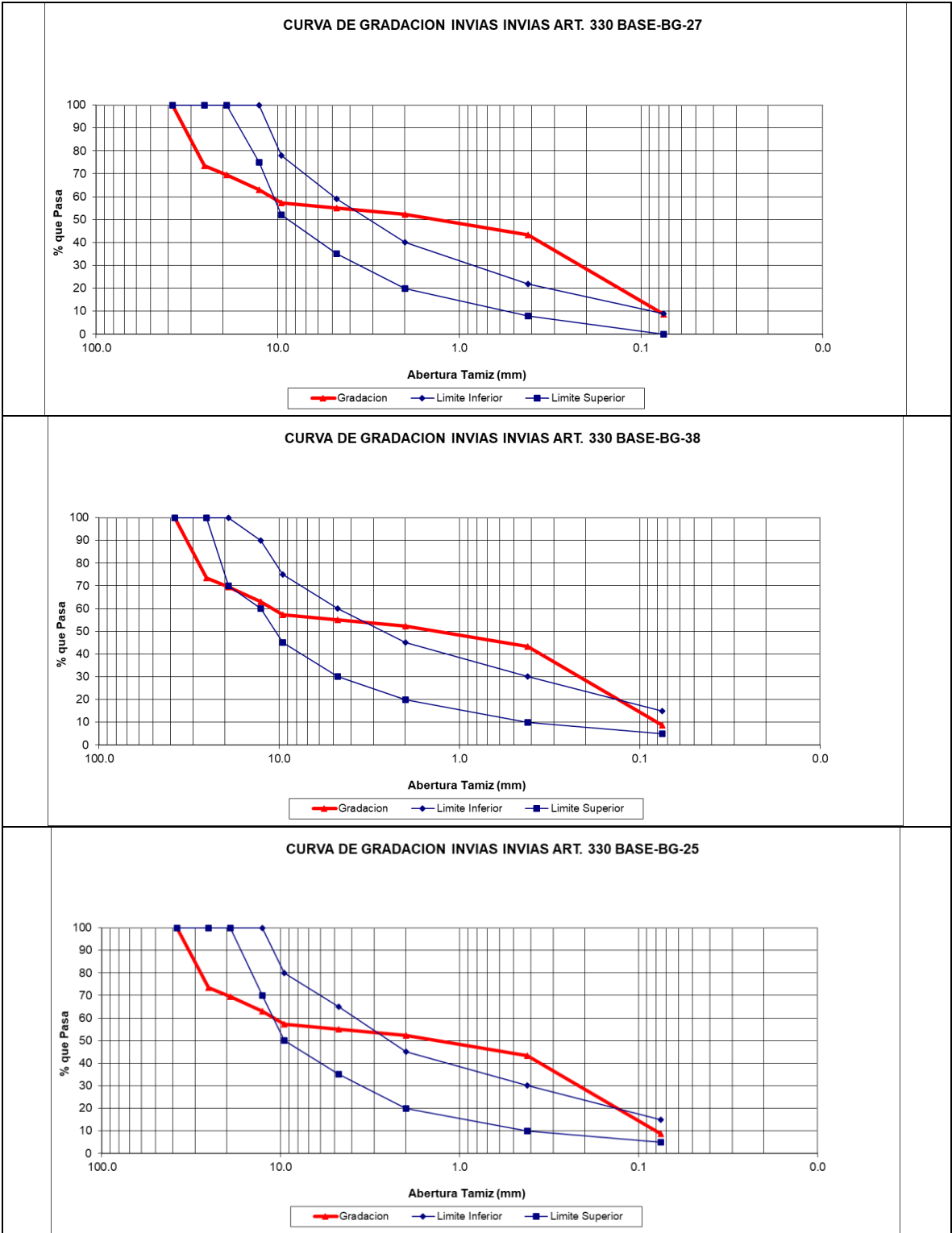


Figura 50 Curvas granulométricas para base – Punto 2 rio Salinas.
Fuente: Autor.

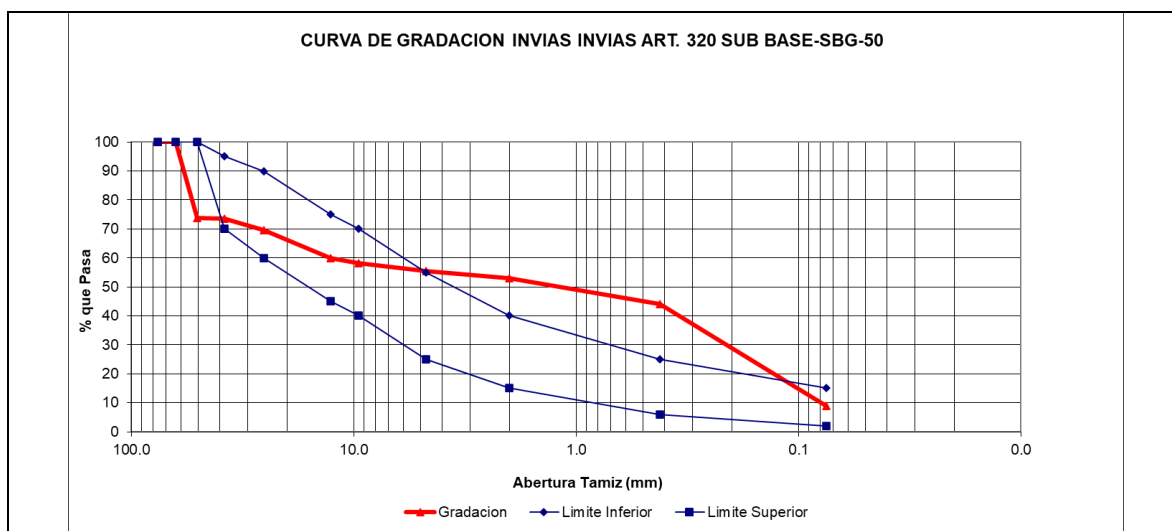
Para poder realizar un análisis de cada uno de los tipos de base realizo la siguiente tabla.

Tabla 25 Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 2 rio Salinas.

TIPO DE BASE	CRITERIO
BASE BG-40	Solo el tamiz 3/8 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.
BASE BG-38	Solo los tamices 3/8, N°4 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.
BASE BG-27	Solo los tamices 3/4,3/8, N°4 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.
BASE BG-25	Solo los tamices 3/8, N°4 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.

La tabla nos refleja que el material del punto 2 se comporta como una arena pues la curva granulométría está por encima del límite superior lo que indica que hay una gran cantidad de arena en el material, la base que más se aproxima a estar dentro de los limites inferiores y superiores es la BG-38.

Se realizo el mismo procedimiento para la sub-base para así poder determinar si se comporta mejor como base o subbase el material, en la siguiente figura se observan las granulometrías para SBG-50 y SBG-25.



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

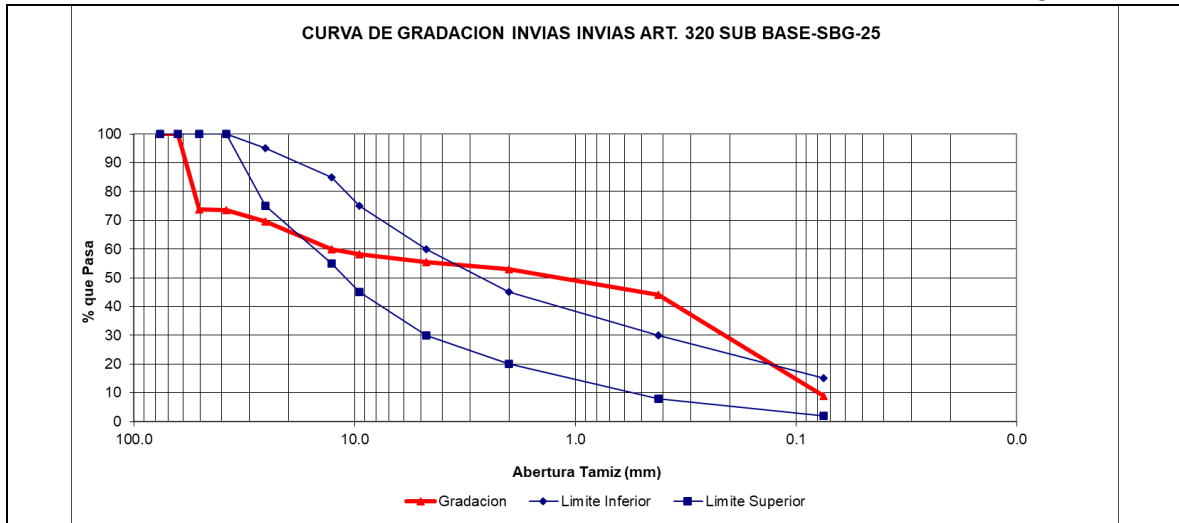
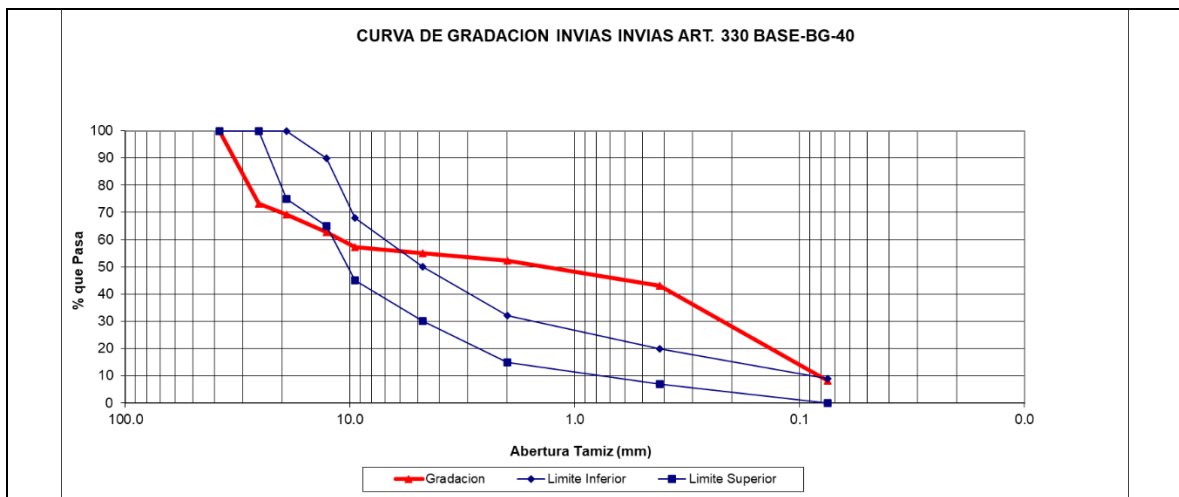


Figura 51 Curvas granulométricas para Sub base – Punto 2 río Salinas.
Fuente: Autor.

De acuerdo con lo anterior el material se comporta como una arena pues la curva granulométría se encuentra por encima del límite superior, la sub base que más se acerca a cumplir dentro de los limites es la SBG-50.

❖ Punto 3

A continuación, se demuestran las gráficas de las curvas granulométricas para base para así poder clasificar el agregado al tipo de base de acuerdo con los limites inferiores y superiores requeridos por el Invias.



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

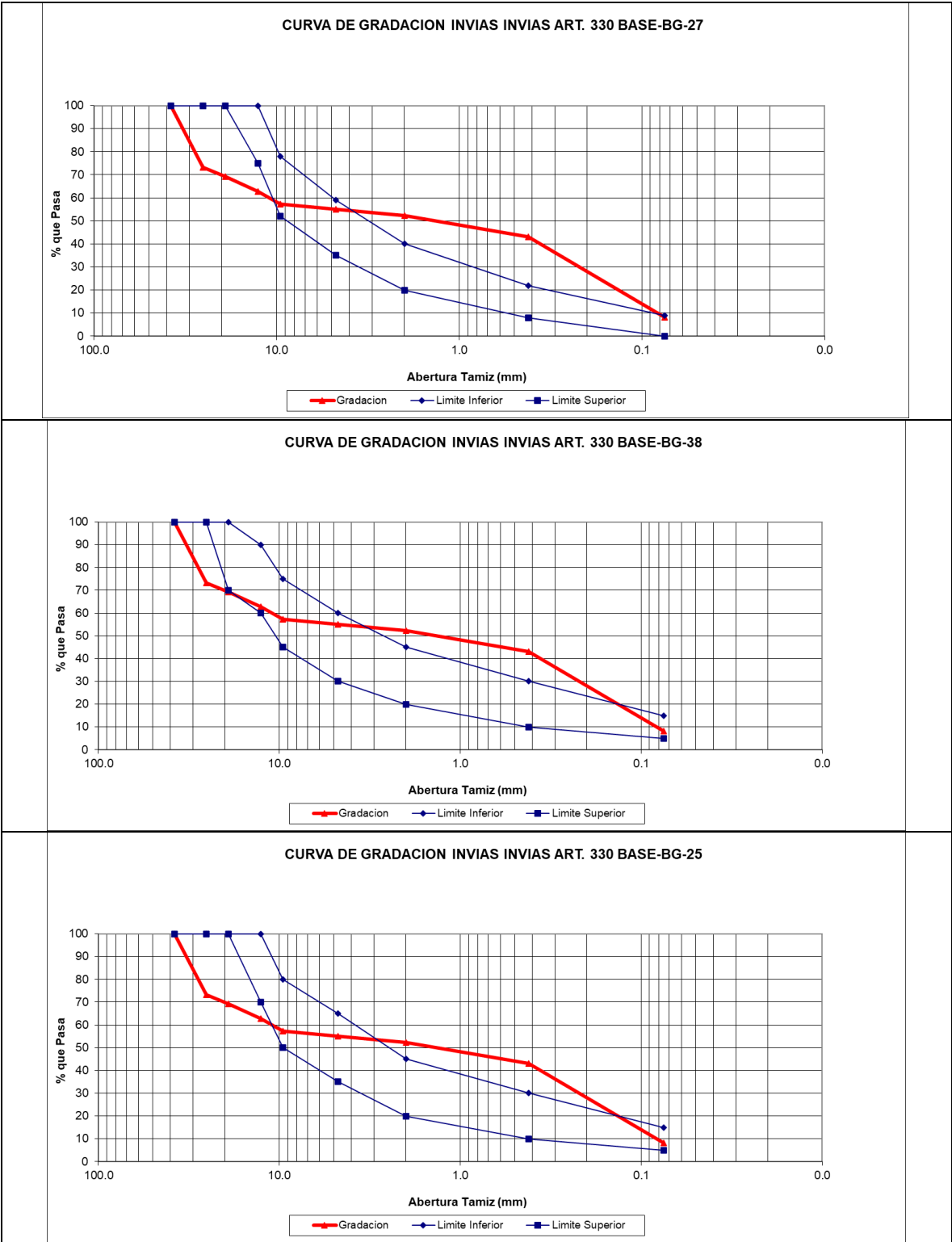


Figura 52 Curvas granulométricas para base – Punto 3 rio Salinas.
Fuente: Autor.

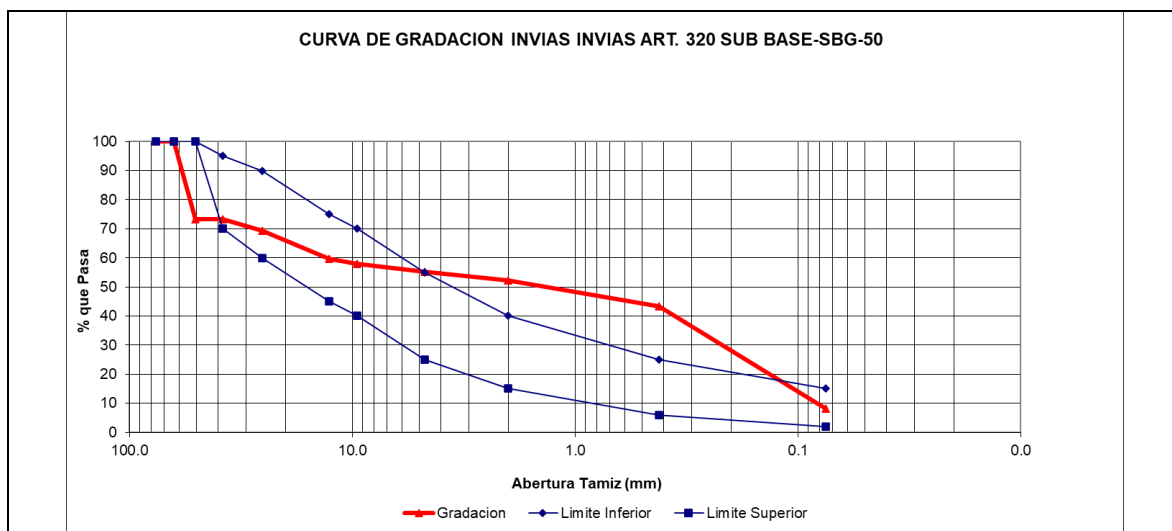
Para poder realizar un análisis de cada uno de los tipos de base realizo la siguiente tabla.

Tabla 26 Observaciones curvas granulométricas para base – Punto 3 rio Salinas.

TIPO DE BASE	CRITERIO
BASE BG-40	Solo el tamiz 3/8 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.
BASE BG-38	Solo los tamices 3/8, N°4 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.
BASE BG-27	Solo los tamices 3/4,3/8, N°4 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.
BASE BG-25	Solo los tamices 3/8, N°4 Y N°200 se encuentra dentro del límite inferior y superior. El resto de los tamices no cumplen con los límites.

La tabla nos refleja que el material del punto 3 se comporta como una arena pues la curva granulométría está por encima del límite superior lo que indica que hay una gran cantidad de arena en el material, la base que más se aproxima a estar dentro de los limites inferiores y superiores es la BG-38.

Se realizo el mismo procedimiento para la sub-base para así poder determinar si se comporta mejor como base o subbase el material, en la siguiente figura se observan las granulometrías para SBG-50 y SBG-25.



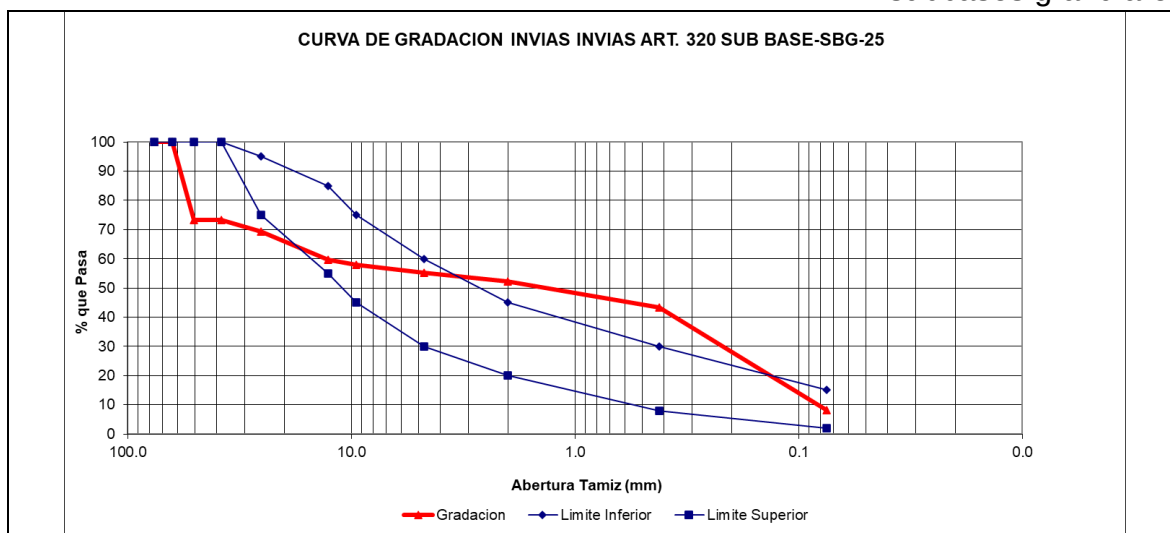


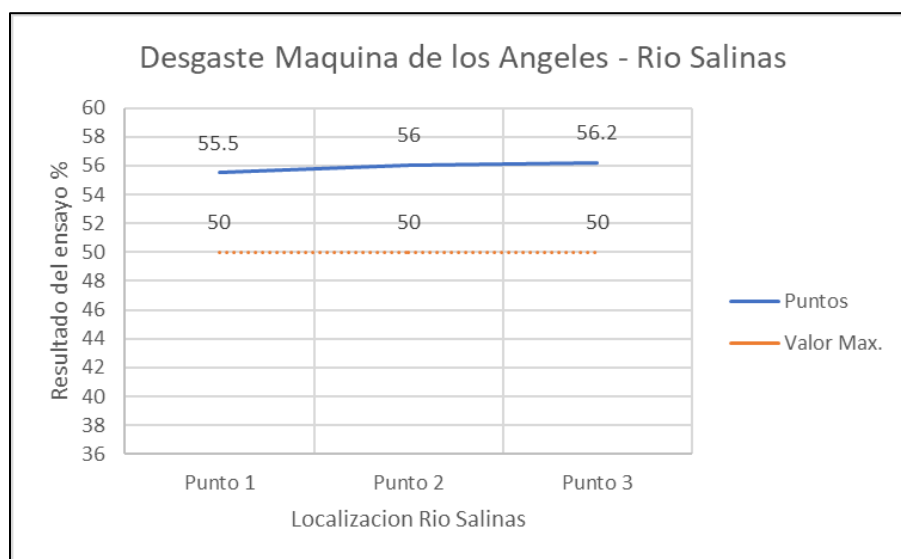
Figura 53 Curvas granulométricas para Sub base – Punto 3 rio Salinas.
Fuente: Autor.

De acuerdo con lo anterior el material se comporta como una arena pues la curva granulométría se encuentra por encima del límite superior, la sub base que más se acerca a cumplir dentro de los limites es la SBG-50.

10.2.2. Desgaste en la máquina de los ángeles.

Teniendo en cuenta el tipo de revoluciones para cada tipo de material siendo base o subbase se realiza el ensayo para así poder determinar el desgaste y tener el criterio de si el material cumple o no con la especificación dada por el Invias.

Los porcentajes que dieron como resultado en la máquina de los ángeles para el rio Salinas estuvieron dentro del 55% al 56.2%, esto indica que el agregado NO puede ser suministrado como base o sub-base. En consecuencia, a la granulometría dada el material NO cumple con el requisito máximo debido a que supera el 50% de desgaste para sub-bases granulares, lo cual se puede denotar en la figura siguiente.



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Se puede evidenciar que el material NO cumple para ser suministrado como base en los 3 puntos analizados, pues supera el requerimiento máximo según INVIAS-ART-330-320.

10.2.3. Perdidas en ensayo de solidez de sulfatos de sodio y magnesio

Debido a la alta concentración de sal en el rio Salinas a causa de la mina que se encuentra en inmediaciones del rio tiene como consecuencia el alto desgaste que presenta el agregado debido a las fracturas que presentan las gravas. En la siguiente figura se observa los resultados de la pérdida del agregado frente a la acción de sulfatos para el punto 1 en el rio Salinas.

En el anexo C se pueden visualizar los demás puntos analizados.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO SALINAS-PUNTO 1				
		SULFATO DE MAGNESIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	1566	892	889	0,3	5,3
2"	1 1/2"	0	0			
1 1/2"	1 "	262,6	144,2	141,8	1,7	4,4
1 "	1/2"	594	350,1	347,4	0,8	4,6
1/2"	3/8"	94,3	60,3	57,6	4,5	4,2
3/8"	N. 4	162,1	98,2	95,8	2,4	4,0
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			22,4			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	163,4	106,4	103,9	2,3	3,8
N. 10	N. 40	528,2	406	403,2	0,7	3,6
N. 40	N. 200	2060,4	940,3	938,6	0,2	3,7
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			11,2			

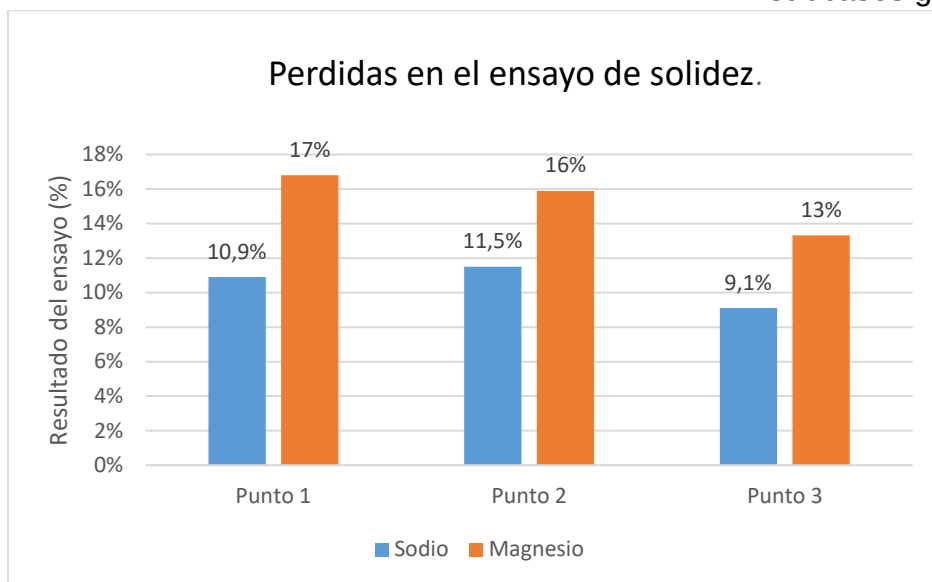
Figura 54. Resultados perdida del agregado grueso y fino en sulfato de magnesio
Fuente: Autor.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO SALINAS-PUNTO 1				
		SULFATO DE SODIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	1566	676,0	675	0,1	2,3
2"	1 1/2"	0	0,0	0		
1 1/2"	1 "	262,6	120,2	118,9	1,1	2,8
1 "	1/2"	594	248,2	247,3	0,4	2,2
1/2"	3/8"	94,3	35,9	35,1	2,2	2,1
3/8"	N. 4	162,1	65,5	64,8	1,1	1,7
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			11,1			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	163,4	60,5	59,6	1,5	2,4
N. 10	N. 40	528,2	120,9	119,8	0,9	4,8
N. 40	N. 200	2060,4	1162,0	1160	0,2	3,5
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			10,8			
JESSICA RAMIREZ CUELLO			JUAN ESTEBAN SALAS			
Ingeniera Civil			Estudiante Ingenieria Civil			
REVISO			REALIZO			

Figura 55. Resultados perdida del agregado grueso y fino en sulfato de sodio
Fuente: Autor.

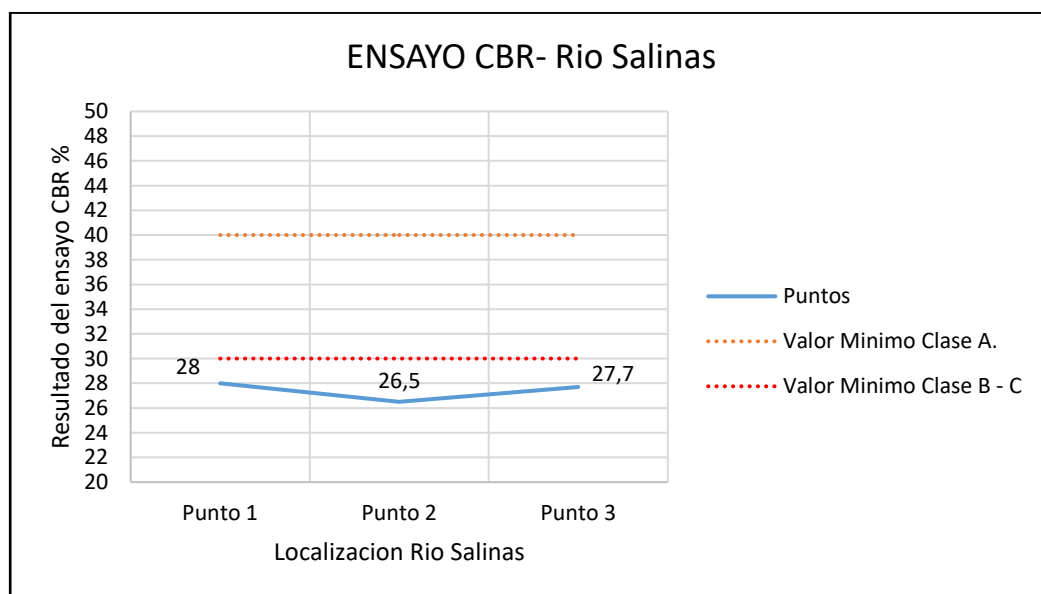
Según los resultados se obtuvo la siguiente grafica.



La anterior grafica indica que el agregado es apto para ser suministrado como subbase cumpliendo con los requisitos del invias en el articulo 320, debido a que los valores para la perdida en el sulfato de sodio se encuentran entre 9%-11.5%, en el caso del sulfato de magnesio los resultados oscilan entre el 13%-17%.

10.2.4. CBR.

De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio realizando el fallo del CBR se realizó la gráfica donde se indica que el material NO cumple con el CBR en inmersión para ser suministrado como sub-base o base según lo establecido en INVIAS-ART-330-320, pues como se determina en la gráfica los fallo del CBR dieron por debajo del valor mínimo establecido por la norma INVIAS.



11. RESULTADOS E IMPACTOS

Los resultados se pueden observar a continuación.

Tabla 27. Resultados granulometrías para bases rio Upin.

TAMIZ		TIPO DE GRADACION								% PASA - PUNTO 1	% PASA - PUNTO 2	% PASA - PUNTO 3	OBSERVACION
		BG-40		BG-27		BG-38		B-25					
mm	U.S. Standard	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior				
37.5	1 1/2"	100	100	-	-	100	100	-	-	90,04	89,95	89,79	No cumple
25.0	1"	75	100	100	100	70	100	100	100	76,88	76,62	76,41	Cumple BG-40-38
19.0	3/4"	65	90	75	100	60	90	70	100	68,19	67,71	67,53	Cumple BG-40-38
9.5	3/8"	45	68	52	78	45	75	50	80	33,66	33,91	33,40	No cumple
4.75	No. 4	30	50	35	59	30	60	35	65	29,15	29,22	29,03	No cumple
2.0	No. 10	15	32	20	40	20	45	20	45	21,86	21,83	21,82	Cumple
0.425	No. 40	7	20	8	22	10	30	10	30	7,78	7,66	7,82	Cumple BG-40-38
0.075	No. 200	0	9	0	9	5	15	5	15	2,59	2,37	2,42	Cumple BG-40-38

Fuente: Autor.

Tabla 28: Resultados granulometrías para sub-base rio Upin

TAMIZ		TIPO DE GRADACION				% PASA - PUNTO 1	% PASA - PUNTO 2	% PASA - PUNTO 3	OBSERVACION
		SBG-50		SBG-25					
mm	U.S. Standard	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior				
50.0	2"	100	100	-	-	73,83	73,73	73,29	No cumple
37.5	1 1/2"	70	95	100	100	73,83	73,64	73,22	Cumple SBG-50
25.0	1"	60	90	75	95	69,44	69,51	69,30	Cumple
12.5	1/2"	45	75	55	85	59,51	59,83	59,78	Cumple
9.5	3/8"	40	70	45	75	57,93	58,10	57,89	Cumple
4.75	Nº 4	25	55	30	60	55,22	55,56	55,12	Cumple
2.00	Nº 10	15	40	20	45	52,49	52,88	52,31	Cumple
0.425	Nº 40	6	25	8	30	43,67	44,11	43,32	Cumple
0.075	Nº 200	2	15	2	15	9,23	9,02	8,12	Cumple

Fuente: Autor.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Tabla 29 Resultados ensayos de laboratorio rio Upin.

CARACTERISTICA	SUB-BASE GRANULAR			RESULTADO			Observaciones
	CLASE C	CLASE B	CLASE A	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	
Desgaste en la máquina de los ángeles, máximo (%). - 500 revoluciones	50	50	50	30.8	31.6	30.9	Cumple con todas las clases de sub base tipo A, B Y C
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%).							
- Sulfato de Sodio	12	12	12	7.9	8.1	9.1	
- Sulfato de Magnesio	18	18	18	14	12	13	
CBR en inmersión (%) (4 días).	30	30	40	34.5	34.0	38.0	Cumple para sub base tipo C Y B, para el tipo A NO cumple.

Fuente: Autor.

Tabla 30 Resultados granulometrías para bases rio Salinas.

TAMIZ		TIPO DE GRADACION								% PASA - PUNTO 1	% PASA - PUNTO 2	% PASA - PUNTO 3	OBSERVACION
		BG-40		BG-27		BG-38		BG-25					
mm	U.S. Standard	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior				
37.5	1 1/2"	100	100	-	-	100	100	-	-	73,91	73,40	73,27	No cumple
25.0	1"	75	100	100	100	70	100	100	100	69,90	69,55	69,22	No cumple
19.0	3/4"	65	90	75	100	60	90	70	100	63,56	63,00	62,85	Cumple BG-38
9.5	3/8"	45	68	52	78	45	75	50	80	57,96	57,26	57,28	Cumple BG-25
4.75	No. 4	30	50	35	59	30	60	35	65	55,39	55,00	54,94	No cumple BG-40
2.0	No. 10	15	32	20	40	20	45	20	45	52,51	52,31	52,31	No cumple
0.425	No. 40	7	20	8	22	10	30	10	30	43,45	43,42	43,13	No cumple
0.075	No. 200	0	9	0	9	5	15	5	15	8,67	8,57	8,29	Cumple

Fuente: Autor.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Tabla 31. Resultados granulometrías para sub-bases rio Salinas

TAMIZ		TIPO DE GRADACION				% PASA - PUNTO 1	% PASA - PUNTO 2	% PASA - PUNTO 3	OBSERVACION
		SBG-50		SBG-25					
mm	U.S. Standard	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior				
50.0	2"	100	100	-	-	73,83	73,73	73,29	No cumple
37.5	1 1/2"	70	95	100	100	73,83	73,64	73,22	Cumple SBG-50
25.0	1"	60	90	75	95	69,44	69,51	69,30	Cumple
12.5	1/2"	45	75	55	85	59,51	59,83	59,78	Cumple
9.5	3/8"	40	70	45	75	57,93	58,10	57,89	Cumple
4.75	Nº 4	25	55	30	60	55,22	55,56	55,12	Cumple
2.00	Nº 10	15	40	20	45	52,49	52,88	52,31	Cumple
0.425	Nº 40	6	25	8	30	43,67	44,11	43,32	Cumple
0.075	Nº 200	2	15	2	15	9,23	9,02	8,12	Cumple

Fuente: Autor.

Tabla 32 Resultados ensayos de laboratorio rio Salinas.

CARACTERISTICA	SUB-BASE GRANULAR			RESULTADO			Observaciones
	CLASE C	CLASE B	CLASE A	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	
Desgaste en la máquina de los ángeles, máximo (%). - 500 revoluciones	50	50	50	55.5	56.0	56.2	NO cumple con ninguna de los tipos de sub bases ni A, B, C.
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%).							
- Sulfato de Sodio	12	12	12				
- Sulfato de Magnesio	18	18	18				
CBR en inmersión (%) (4 días).	30	30	40	28.0	26.5	27.7	NO cumple con ninguna de los tipos de sub bases ni A, B, C.

Fuente: Autor.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

Tabla 33. Impactos del proyecto.

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Técnico	El uso de las especificaciones del INVIAS acerca de la toma de muestras.	Toma y recolección de muestras	Corto
Académico	Aprendizaje en el Software Arcgis	Identificación de la zona de sedimentación a partir de curvas de nivel	Mediano
Económico	Uso del estudio por parte de plantas trituradoras de agregado pétreo	Asentamiento en las playas del cuerpo de agua por parte de una trituradora.	Largo
Económico	Disminución de costos en transporte de materiales	Hacer uso del agregado pétreo de los ríos salinas y upin.	Largo

Fuente: Autor

12. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

12.1. CONCLUSIONES

Al realizar las respectivas caracterizaciones del agregado se logro establecer por medio de las granulometrías que el mejor tipo de base o sub-base a la que mejor se ajusta dentro de los limites establecidos por el Invias en los Artículos 320 y 330 es a SBG-50 esto para el agregado del Rio Upin, teniendo en cuenta que no cumple con el 100% de pasa en el tamiz de 2". Para esto se podría realizar un cribado con una malla de este diámetro para que el material cumpla con el requisito del Invias.

Por medio de este análisis granulométrico se pudo evidenciar que el agregado que cuenta con mejores condiciones para ser suministrado como sub-base es el material pétreo del rio Upin, debido a que cumple con los demás ensayos como lo son el desgaste en la maquina de los ángeles, perdidas en ensayo de solidez de sulfatos y CBR.

Se puede observar con la curva granulometría del rio salinas que el material presenta un gran porcentaje de arena pues la curva se encuentra por encima de los limites establecidos por INVIAS-ART-330-320, al ser un material con tan poca presencia de grava no se recomienda su uso para sub base o base granular.

Los ensayos de desgaste en la máquina de los ángeles y CBR que se realizaron al rio Salinas no cumplieron con ninguno de los parámetros establecidos en INVIAS-ART-330-320.

BIBLIOGRAFÍA

(Recuerde debe ser Arial tamaño 10)

- [1] H. A. R. Quintana, Pavimentos: Materiales, construccion y diseño., Bogota: Ecoe Ediciones, 2015.
- [2] K. M. T. Daniel Alfonso Ferreira, «caracterización fisica de agregados petreos para concretos,» Universidad Catolica de Colombia, Bogota, 2014.[En línea]. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1655>
- [3] Concejo municipal de restrepo meta, «plan de desarrollo municipal,» Restrepo, 2016. {En Línea}. <http://www.restrepo-meta.gov.co/metlas-objetivos-e-indicadores/plan-de-desarrollo-20162019>
- [4] C. E. B. Diana Alejandra Gutierrez, «caracterización de la vivienda urbana nueva que se oferta en él,» Universidad de los Llanos. Villavicencio, 2018. [En línea]. <https://repositorio.unillanos.edu.co/jspui/handle/001/1154?mode=full>
- [5] R. C. E. T. H. S. Abdolreza Osouli, «Geotecnia de Transporte,» *Strength characteristics of crushed gravel and limestone aggregates with up*, vol. 18, pp. 25-38, 2019.
- [6] Instituto Nacional de Vias, «Manual de Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras,» INVIAS, Bogota, 2013.
- [7] Y. Huang, Pavement Analysis and Desing, New York : Second Edi, Pearson/Prentice, 2004.
- [8] L. A. B. A. E. D. Fausto Molina, «Profiles analysis as a modality of repeated measures for comparing grain,» *Measurement*, vol. 146, pp. 930-937, 2019. [En línea]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224119306256>
- [9] T. E. Q. Y. Xiao Yuanjie, «Efectos de gradacion que influyen en las propiedades mecanicas de la base agregada de los materiales de la subbase granular en Minnesota,» *Engineering Village*, pp. 14-26, 2013.
- [10] V. L. A. T. A. N. Joel Fabrice NYEMB, «Assessment of the determination of Californian Bearing Ratio of laterites with contrasted geotechnical properties from simple physical parameters,» *Transportation Geotechnics*, vol. 19, pp. 84-95, 2019. [En línea]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214391218302083>
- [11] J. I. B. N. G. W. Mohammad Saberian, «Permanent deformation behaviour of pavement base and subbase containing recycle concrete aggregate, coarse and fine crumb rubber,» *Construction and Building Materials*, vol. 178, pp. 51-58, 2018. [En línea]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818311747>
- [12] C. J. P. A. R. S. Jesus Gadea Sainz, Materiales de construccion. Problemas de Granulometria, Burgos: Universidad de Burgos, 2011.
- [13] S. C. Escobar, Materiales de construccion para edificacion y obra civil., San vicente : Club Universitario , 2010. [En línea]. https://www.academia.edu/36499897/Materiales_de_construcci%C3%B3n_para_edificaci%C3%B3n_y_obra_civil
- [14] C. E. E. M. Gonzalo Duque Esp, «geomecanica para ingenieros,» Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2016.
- [15] B. M. Das, Fundamentos de ingenieria de cimentaciones, Mexico, DF: Cengage Learning, 2011.

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de Restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

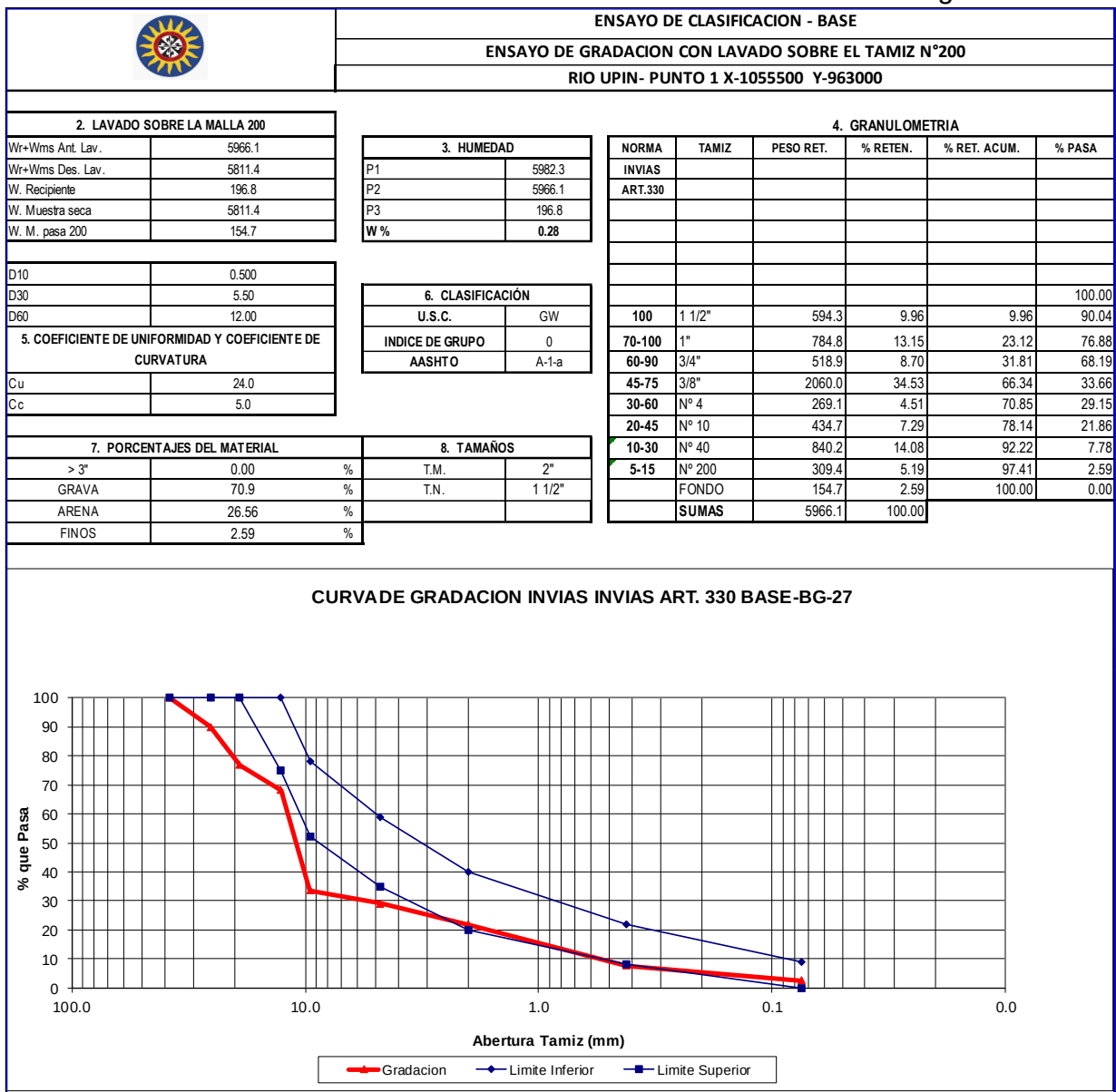
- [16] A. E. A. El-Maaty, «Utilización de agregados de concreto reciclado tratado con cemento como capa base o subbase en Egipto,» *ScienceDirect*, vol. 4, nº 4, pp. 661-673, 2013.
- [17] R. A. C. & K. M. Lopez, «Caracterización de un agregado reciclado de concreto (ARC) para la construcción de la carpeta asfáltica de pavimentos flexibles,» Universidad Javeriana, Santiago de Cali, 2016. [En línea]. <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/7701>
- [18] Instituto Colombiano de Geología y Minería, «Geología de la plancha 247 Bogotá Sur Este (Caqueza),» Bogotá, 2011.
- [19] INGEOMINAS, «Geología de Restrepo,» de *Geología de Restrepo*, 2013, p. 39.
- [20] C. M. d. Restrepo, «Acuerdo 081,» Restrepo, 2000.
- [21] E. P. Wigner, «Theory of traveling wave optical laser,» *Phys. Rev.*, vol. 134, pp. A635-A646, 2005.
- [22] A. C. Sole, Instrumentación Industrial, Mexico: Alfaomega, 2006.
- [23] L. L. a. H. Miao, «A specification based approach to testing polymorphic attributes,» de *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004*, Seattle, WA, USA,, November 8-12. [En línea]. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-30482-1_28#aHR0cHM6Ly9saW5rLnNwcmluZ2VyLmNvbS9jb250ZW50L3BkZi8xMC4xMDA3Lzk3OC0zLTU0MC0zMDQ4Mi0xXzI4LnBkZkBAQDA=

ANEXOS

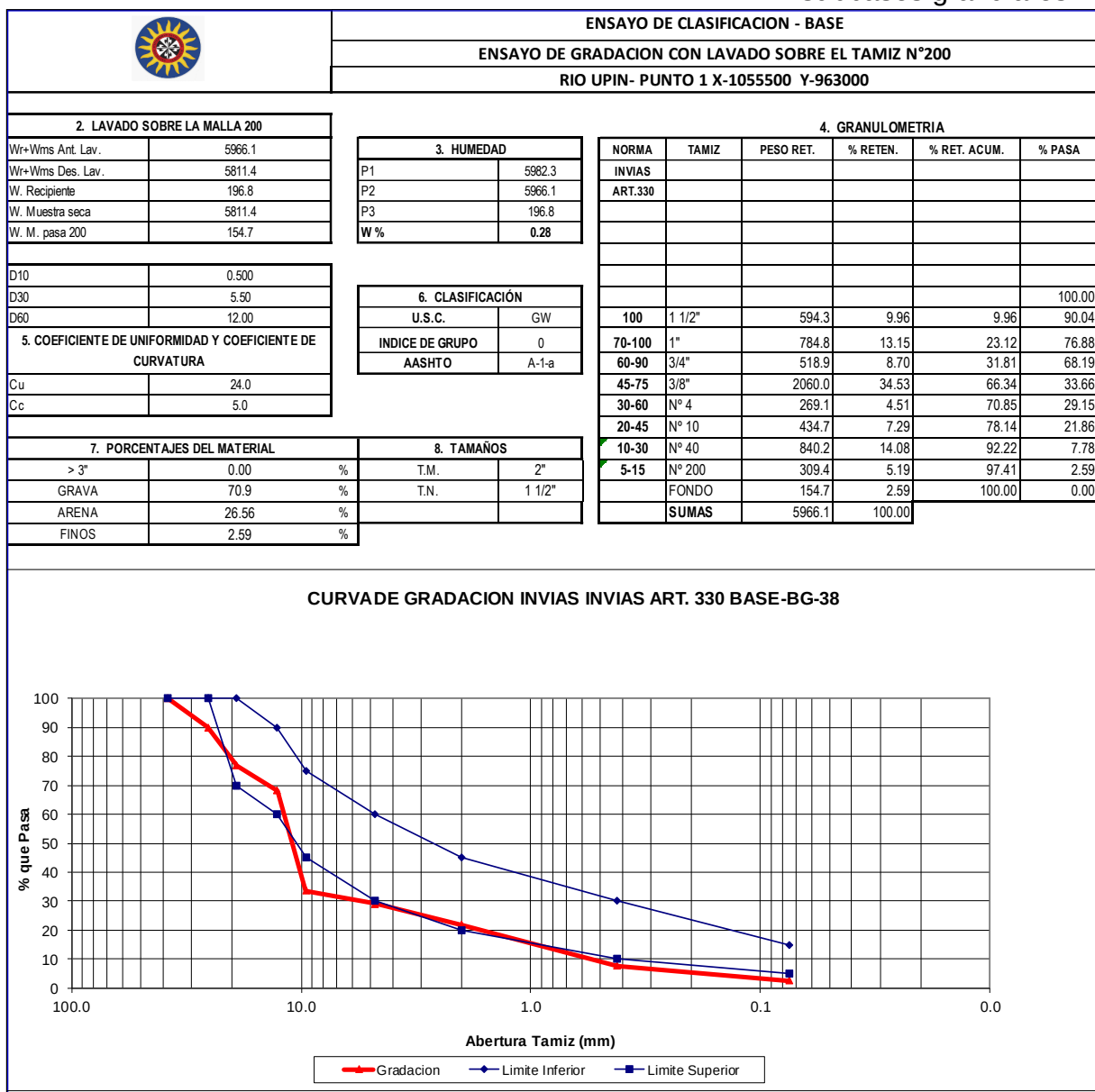
ANEXO A – GRANULOMETRIAS RIO UPIN

[illegible]

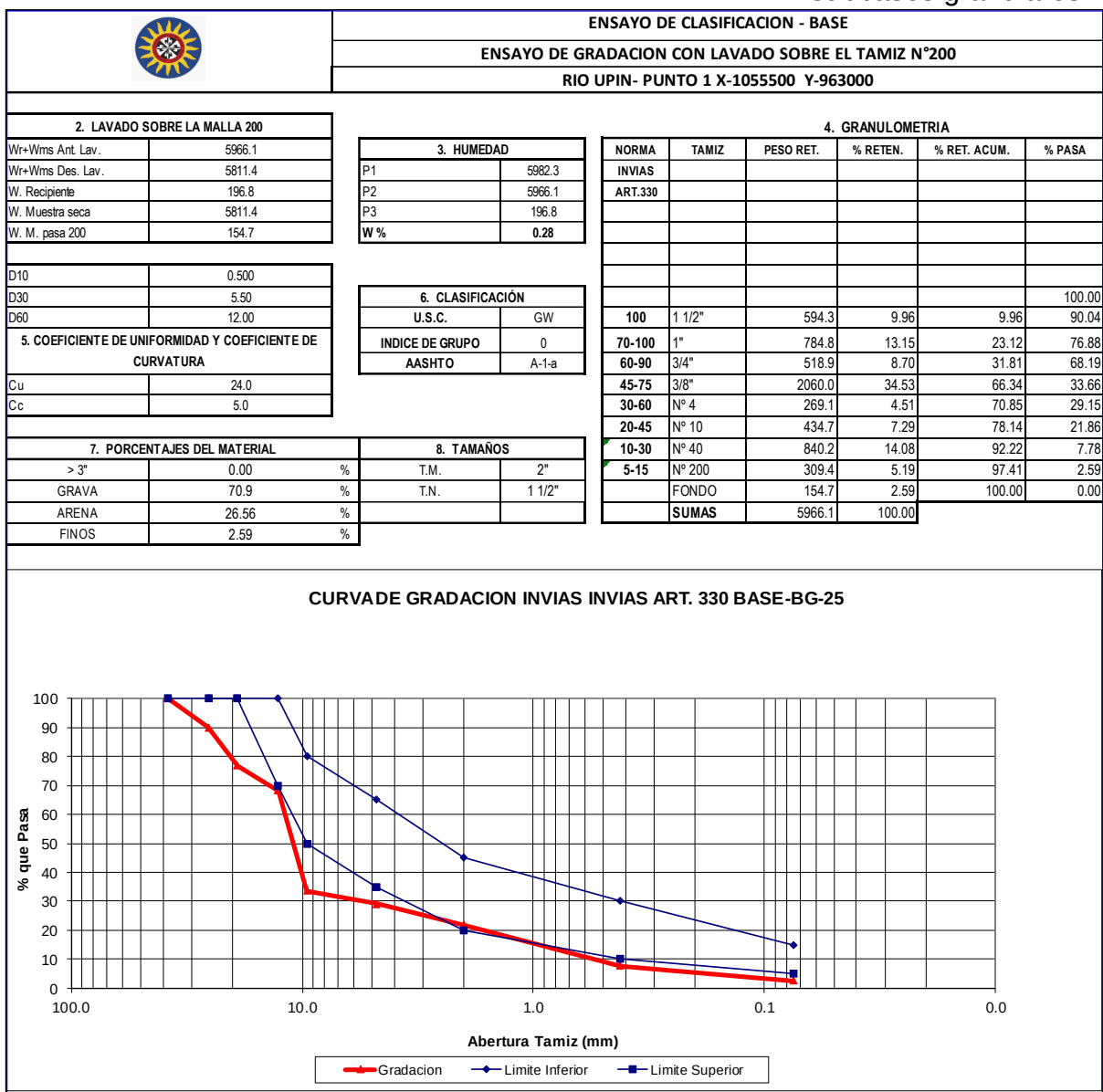
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

	ENSAYO DE GRADACION CON LAVADO SOBRE EL TAMIZ N°200				
	PUNTO 1-X-1055500 Y-963000				

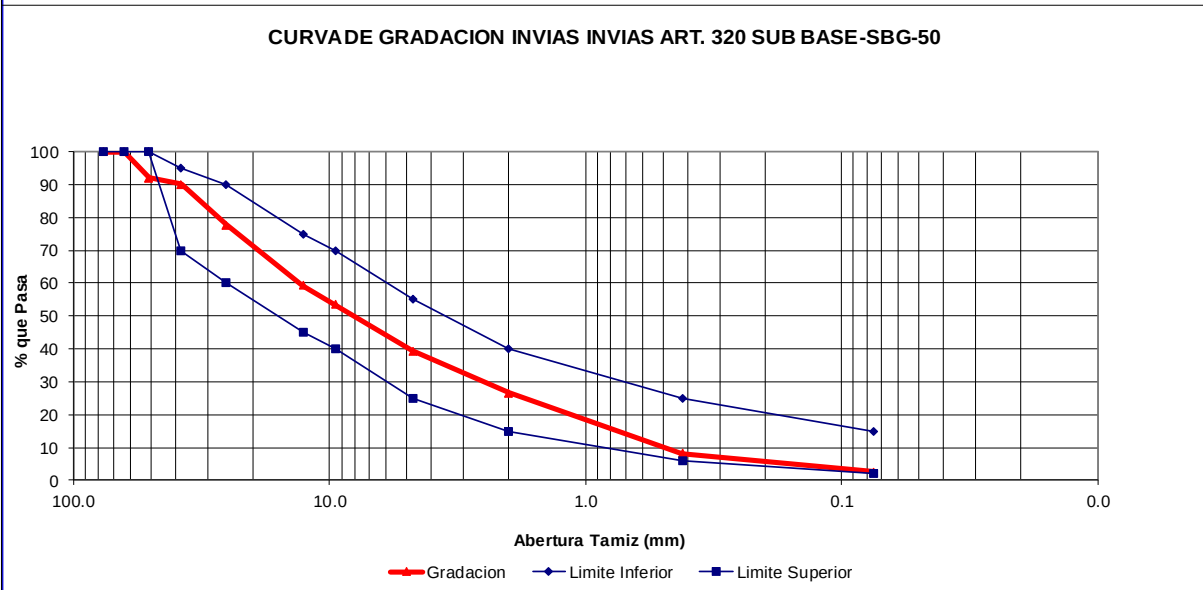
2. LAVADO SOBRE LA MALLA 200	
Wr+Wms Ant. Lav.	5962.2
Wr+Wms Des. Lav.	5802.7
W. Recipiente	196.8
W. Muestra seca	5802.7
W. M. pasa 200	159.5

3. HUMEDAD	
P1	5979.8
P2	5962.2
P3	196.8
W %	0.31

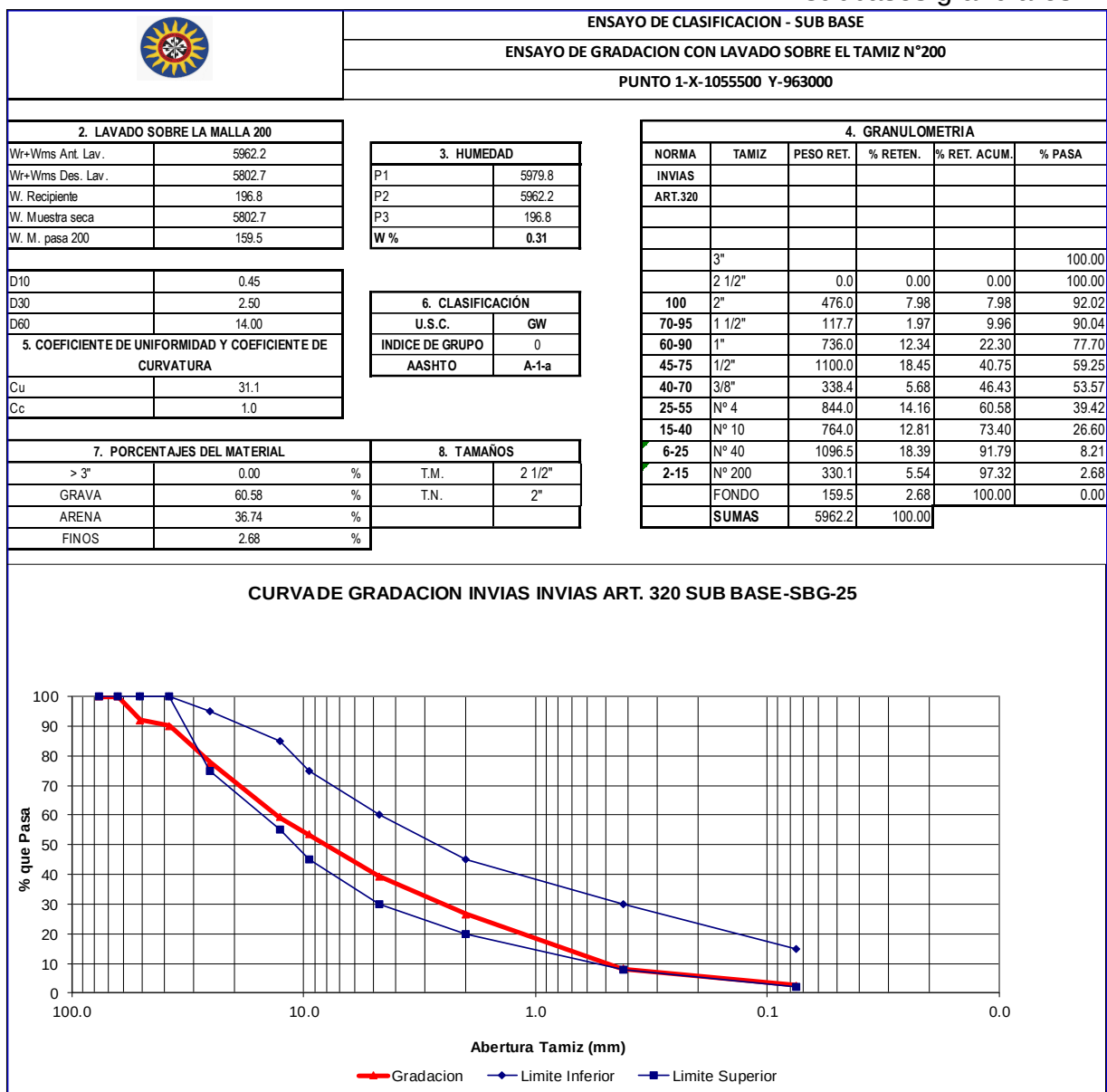
6. CLASIFICACIÓN	
U.S.C.	GW
INDICE DE GRUPO	0
AASHTO	A-1-a

4. GRANULOMETRIA					
NORMA	TAMIZ	PESO RET.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA
INVIAS					
ART.320					
	3"				100.00
	2 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
100	2"	476.0	7.98	7.98	92.02
70-95	1 1/2"	117.7	1.97	9.96	90.04
60-90	1"	736.0	12.34	22.30	77.70
45-75	1/2"	1100.0	18.45	40.75	59.25
40-70	3/8"	338.4	5.68	46.43	53.57
25-55	Nº 4	844.0	14.16	60.58	39.42
15-40	Nº 10	764.0	12.81	73.40	26.60
6-25	Nº 40	1096.5	18.39	91.79	8.21
2-15	Nº 200	330.1	5.54	97.32	2.68
	FONDO	159.5	2.68	100.00	0.00
	SUMAS	5962.2	100.00		

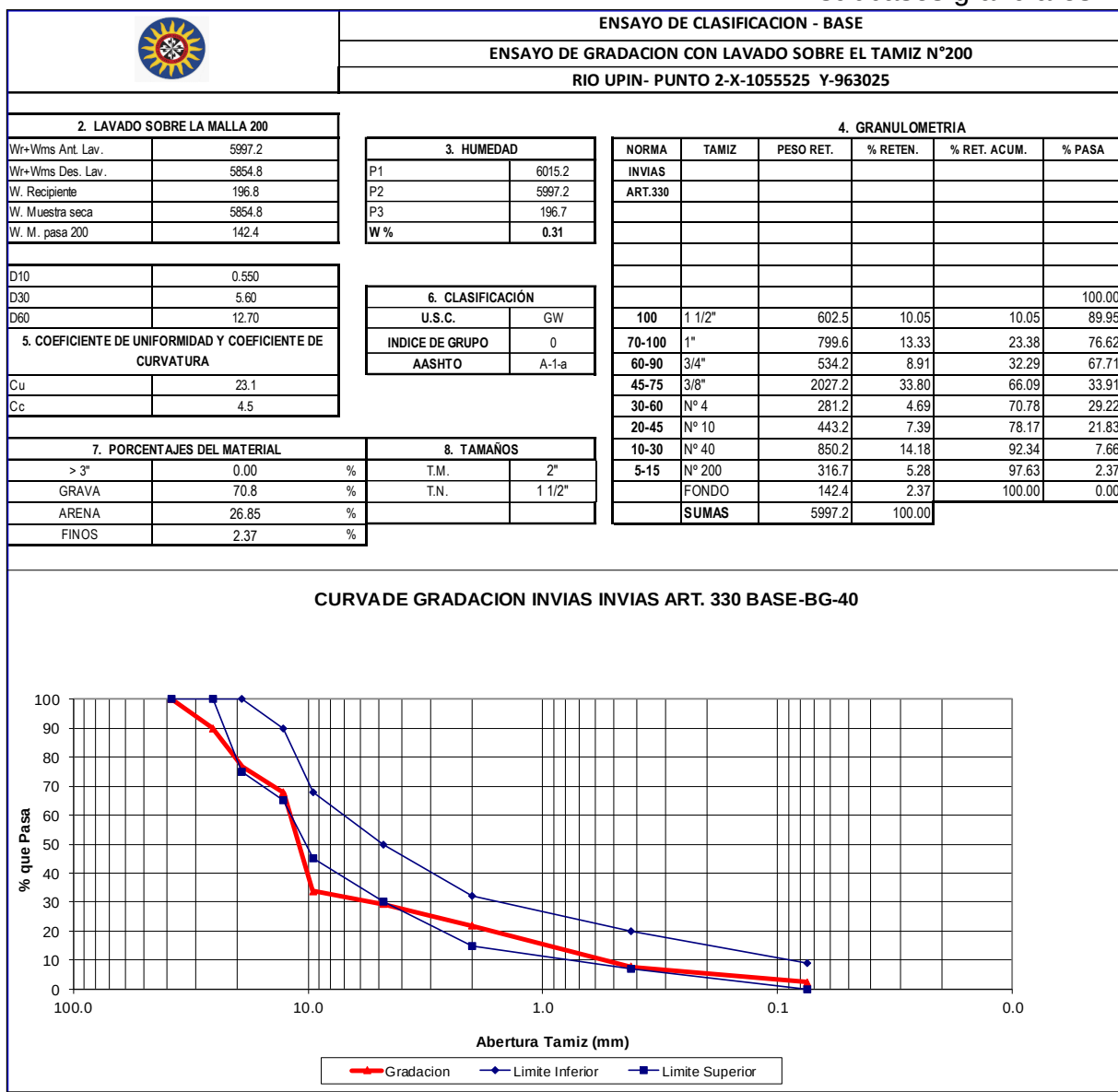
7. PORCENTAJES DEL MATERIAL			8. TAMAÑOS	
> 3"	0.00	%	T.M.	2 1/2"
GRAVA	60.58	%	T.N.	2"
ARENA	36.74	%		
FINOS	2.68	%		



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

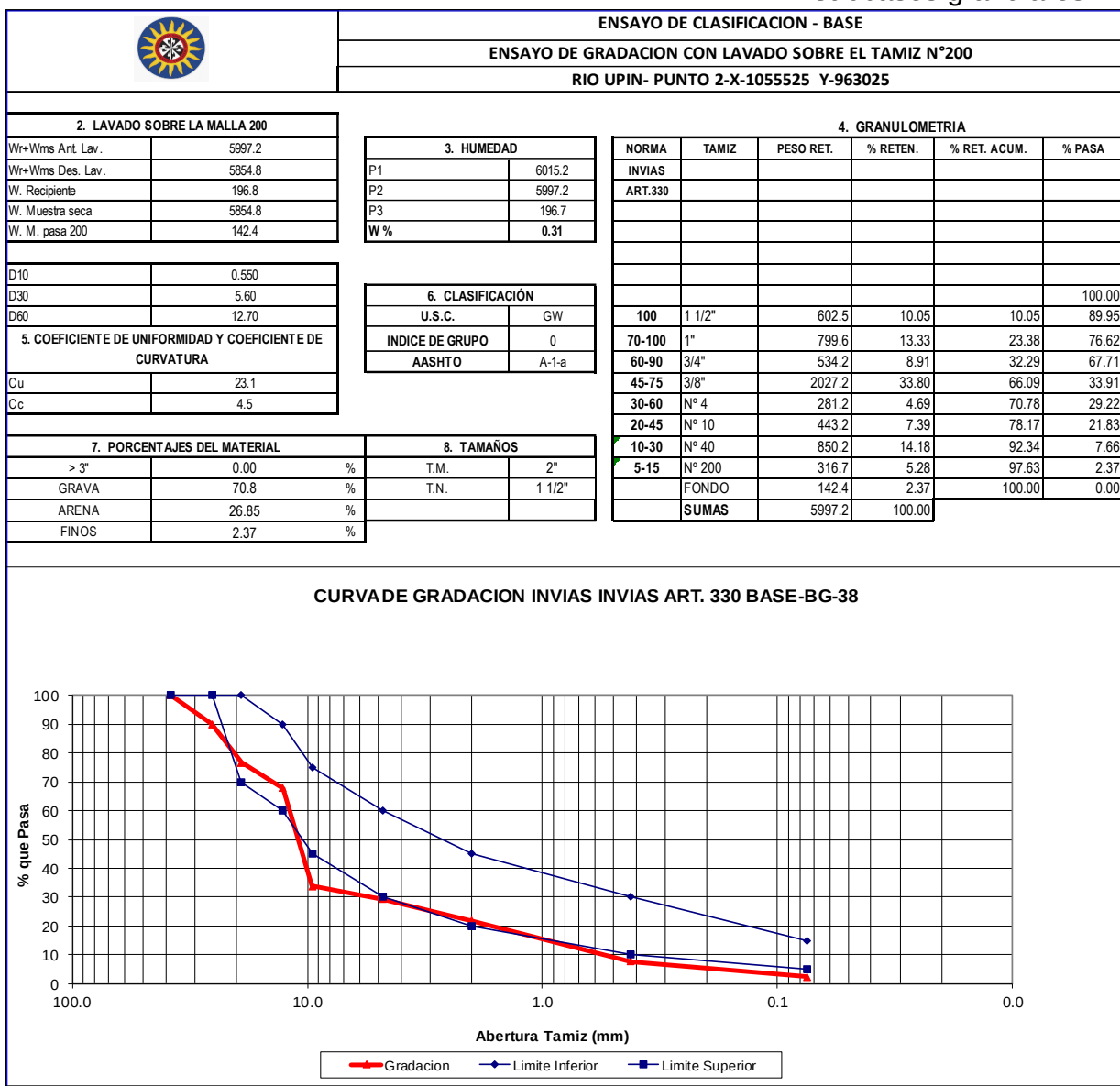


Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

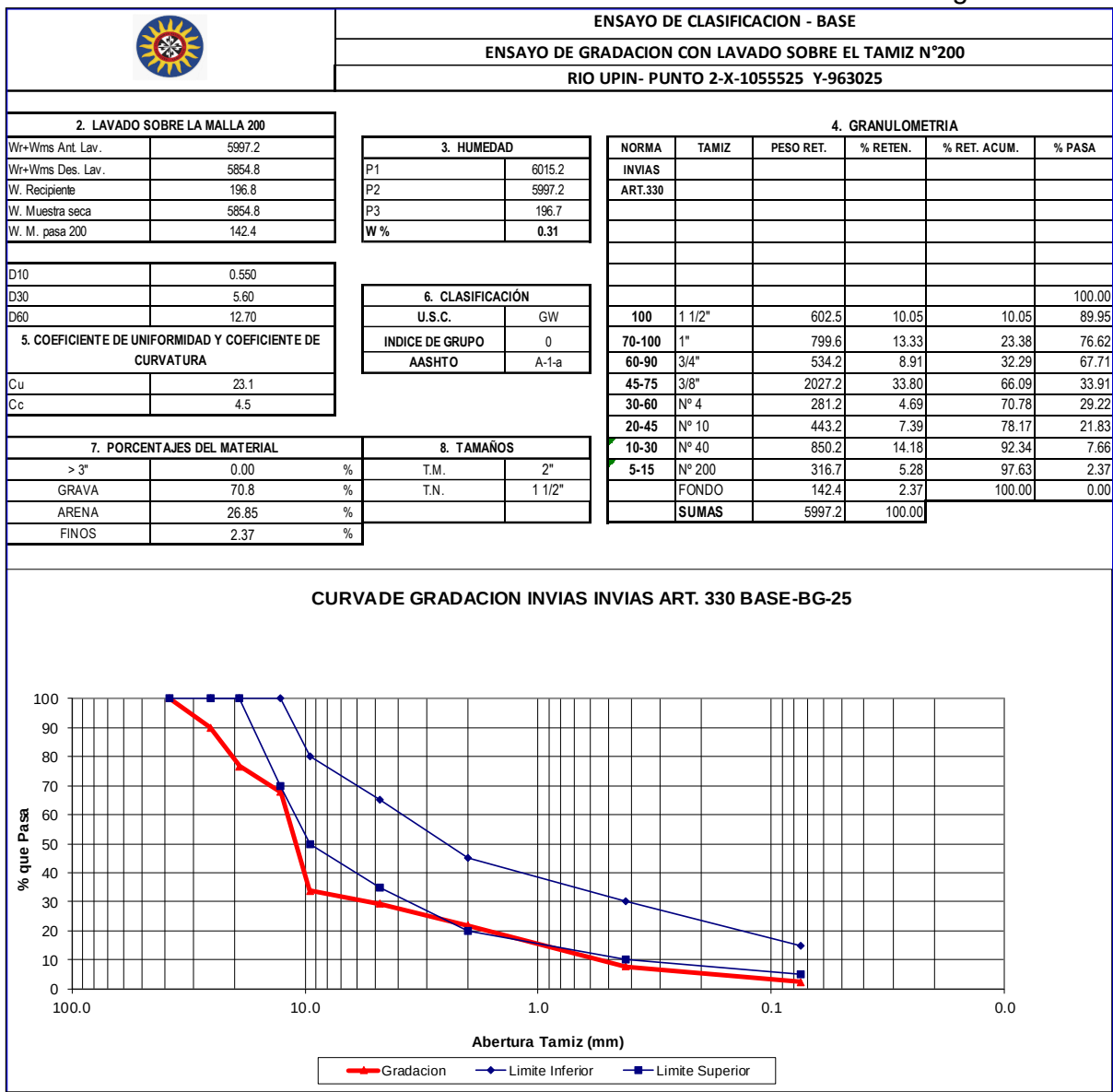


[illegible]

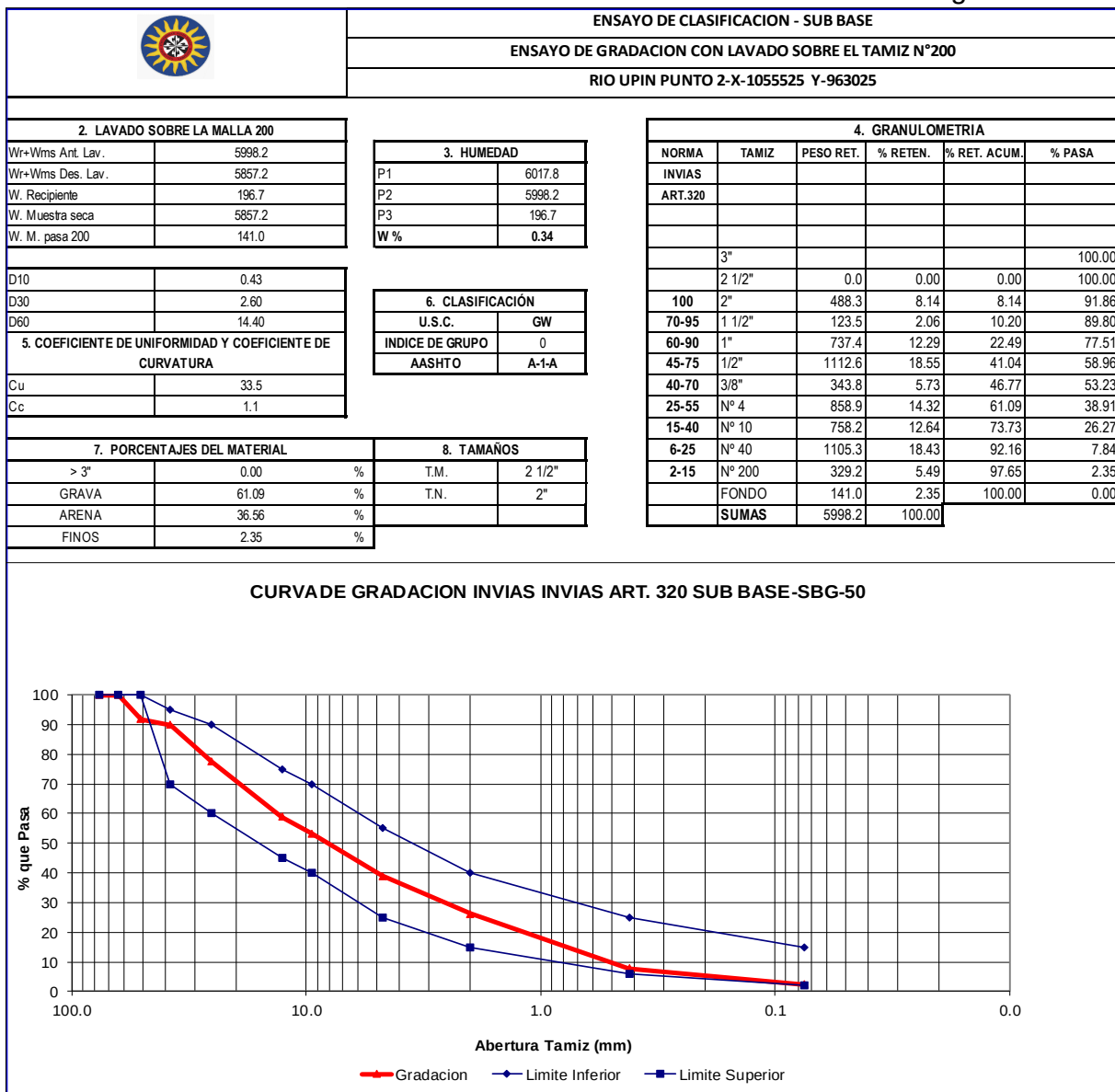
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



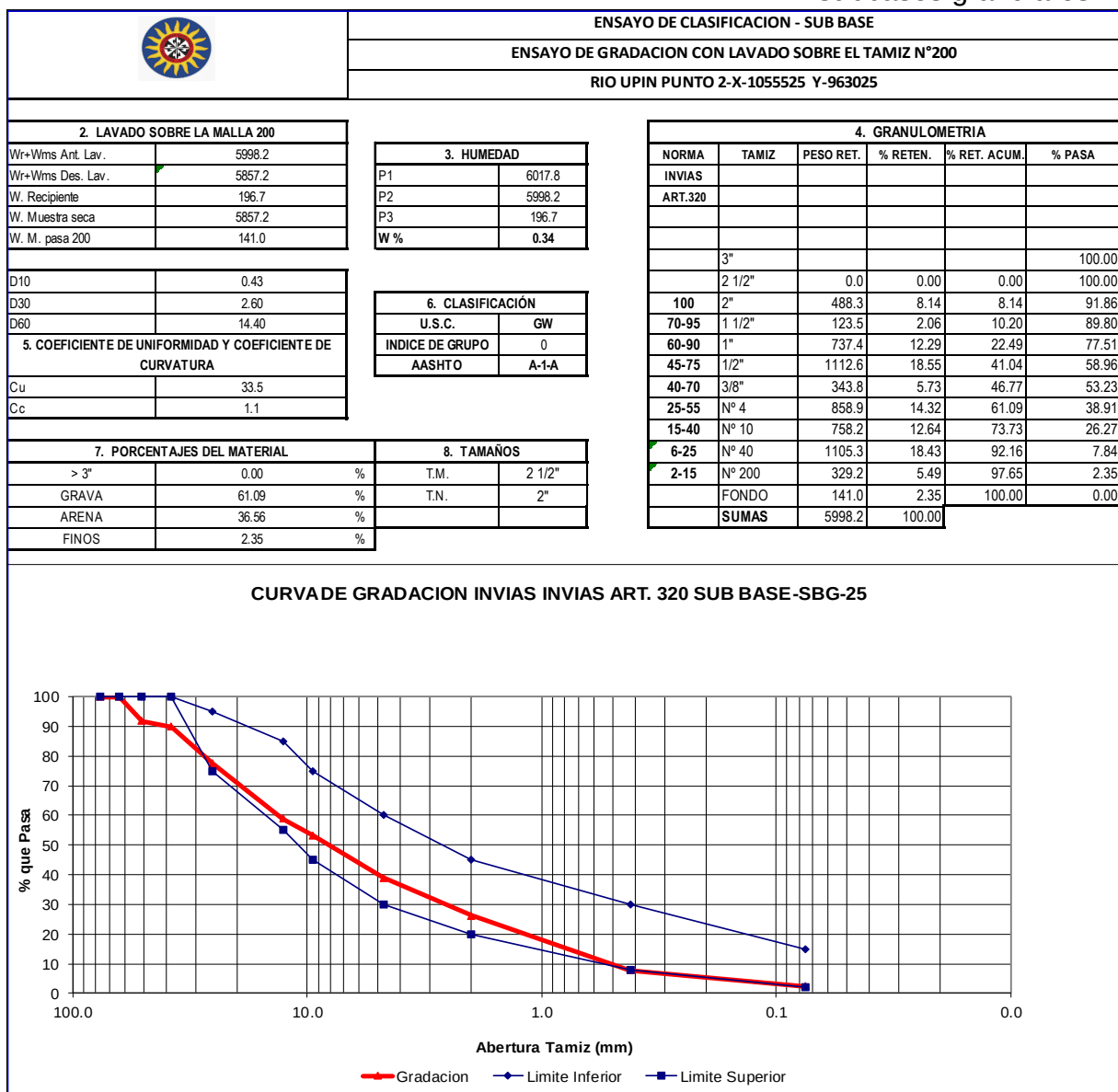
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



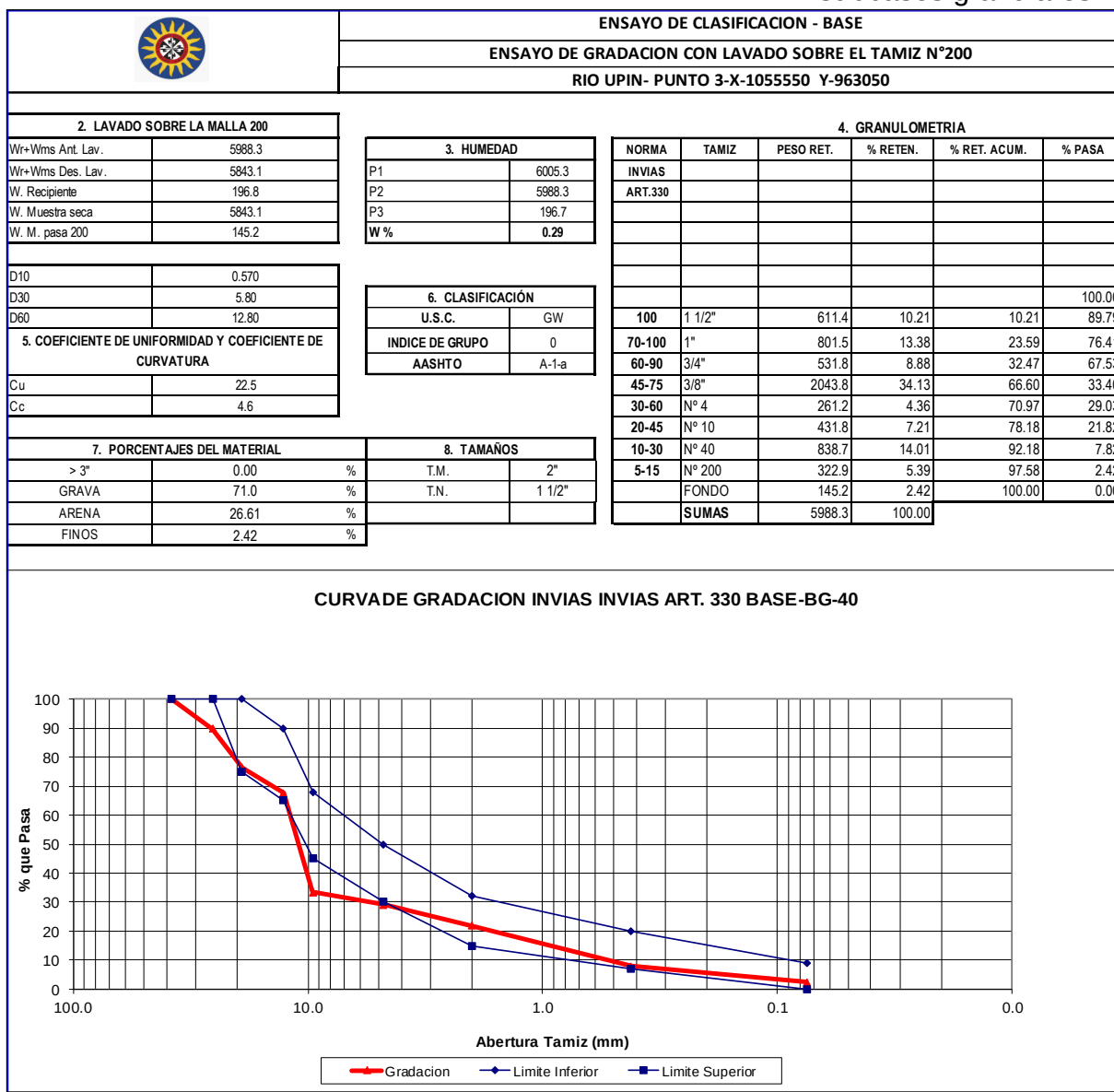
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

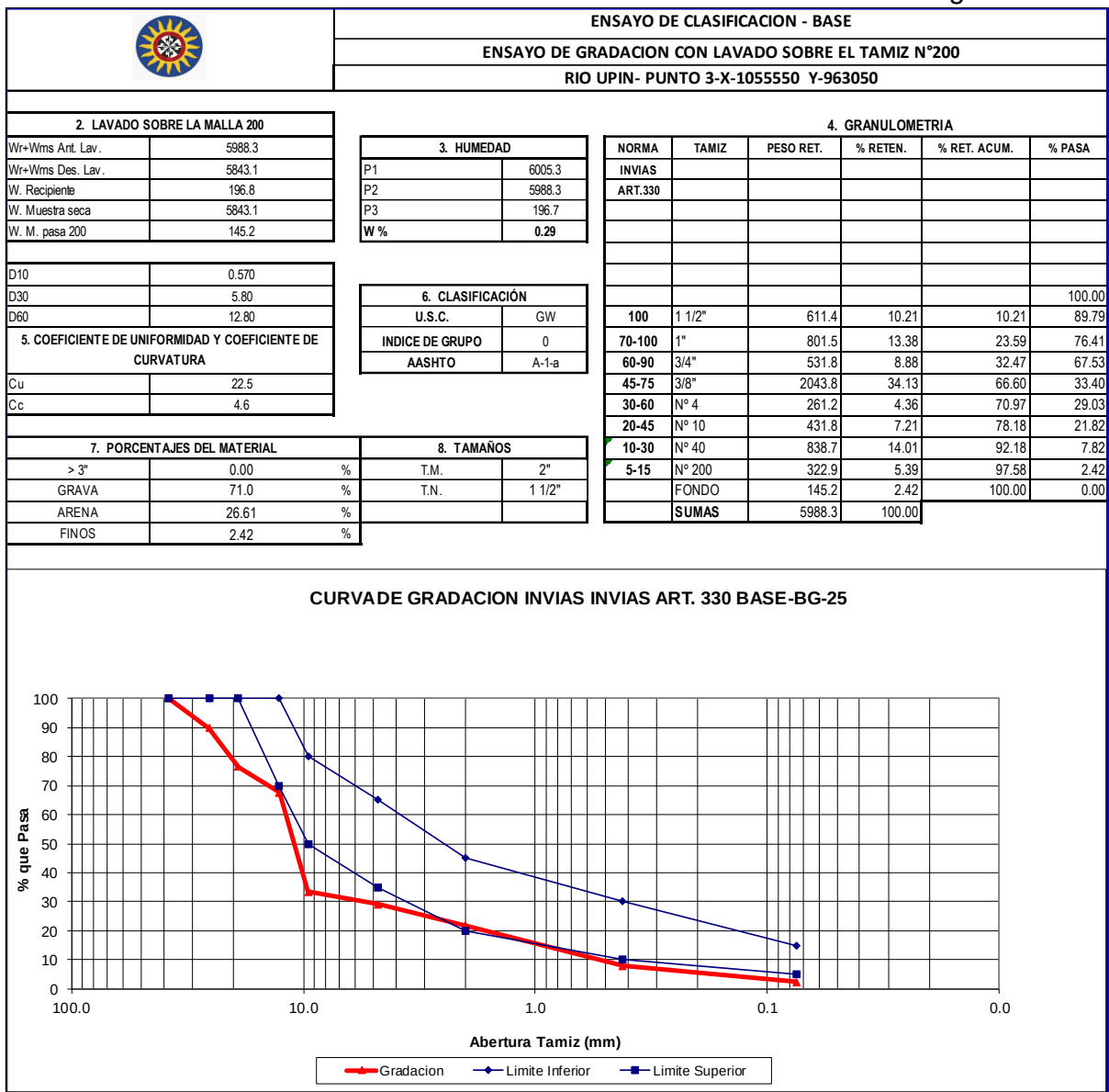


Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

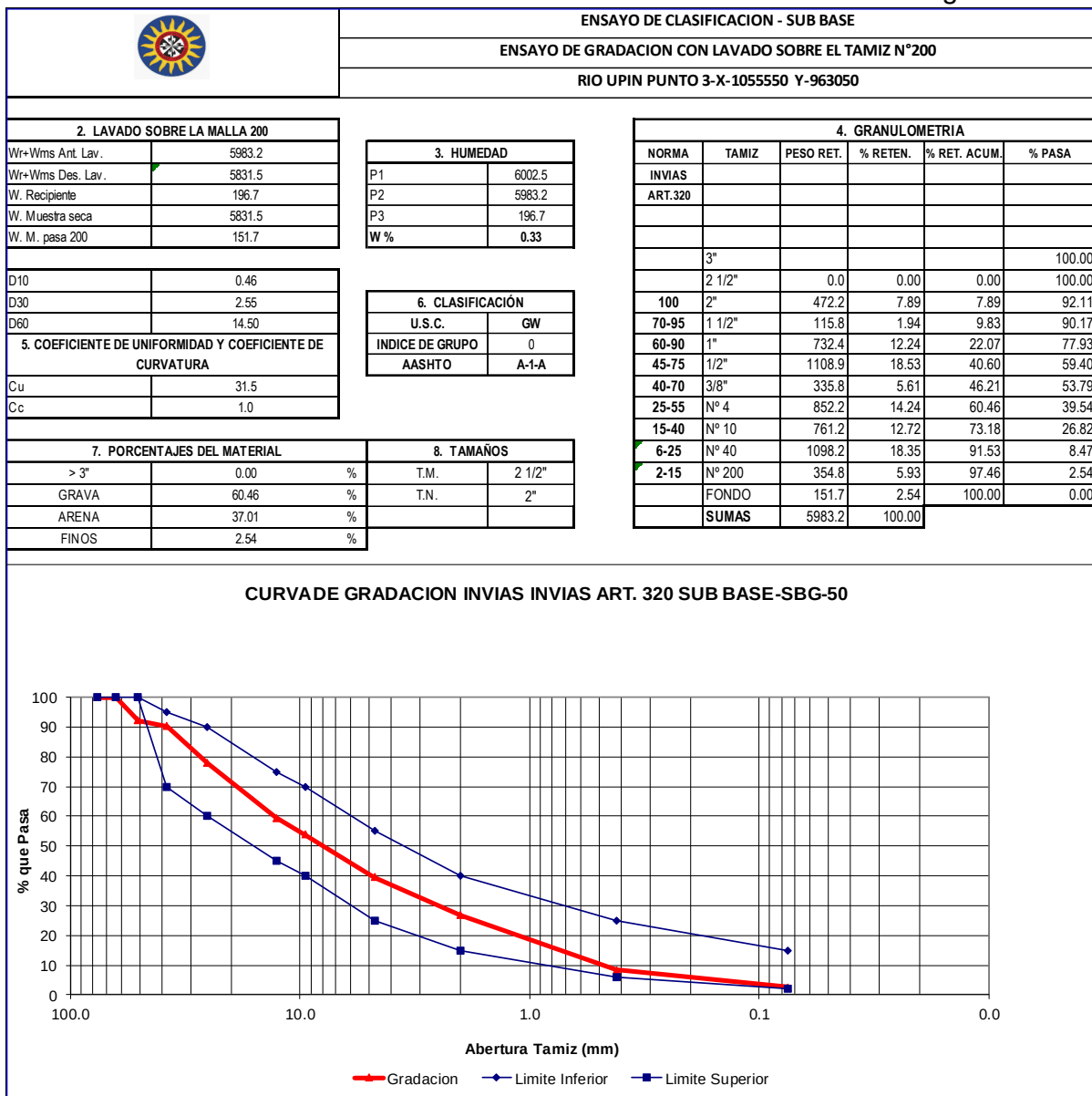
[illegible]

[illegible]

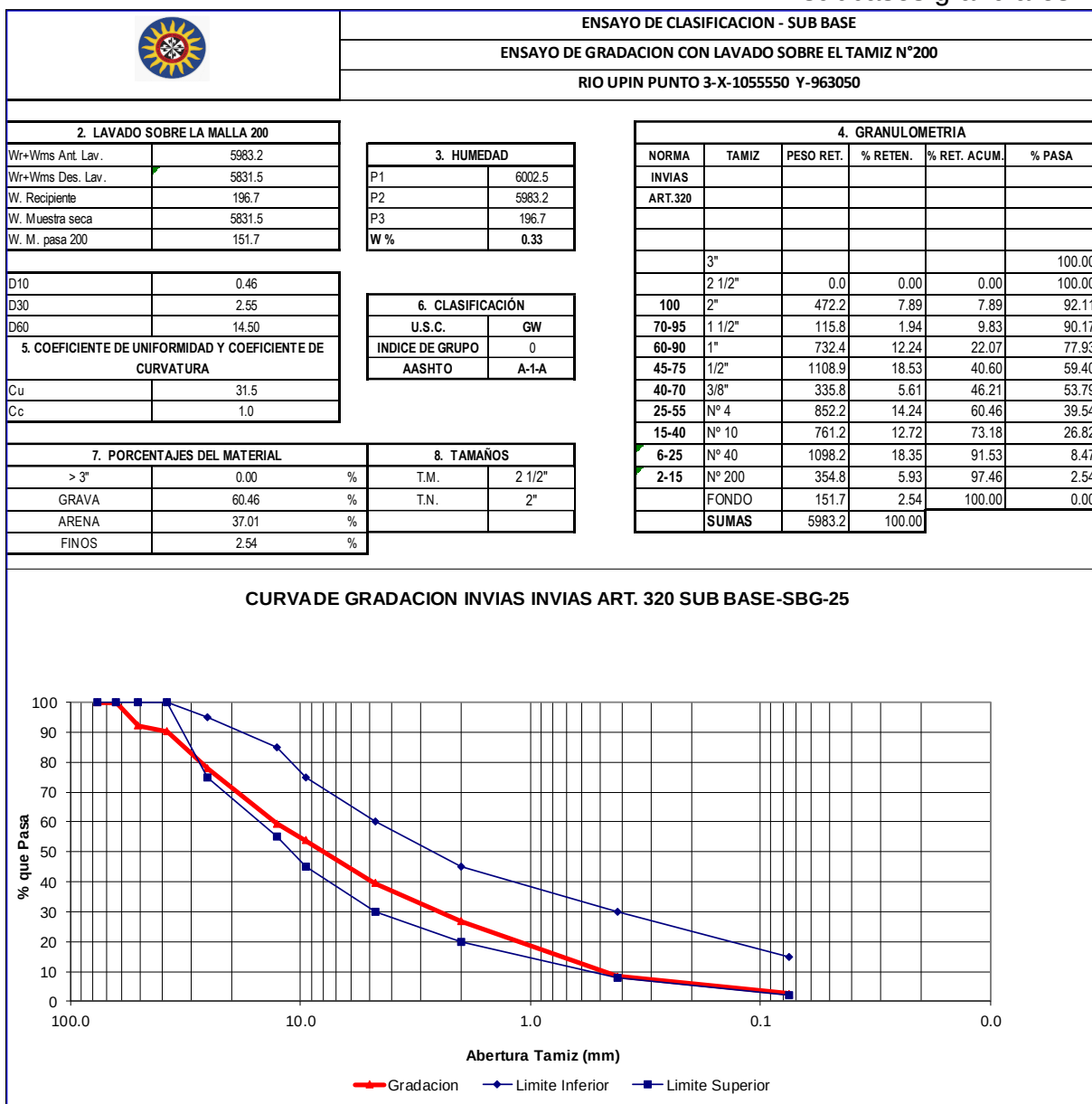
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



ANEXO B – GRANULOMETRIAS RIO SALINAS

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

ENSAYO DE CLASIFICACION - BASE					
ENSAYO DE GRADACION CON LAVADO SOBRE EL TAMIZ N°200					
RIO SALINAS-PUNTO 1					
2. LAVADO SOBRE LA MALLA 200					
Wt+Wms Ant. Lav.	6002.5				
Wt+Wms Des. Lav.	5482.3				
W. Recipiente	196.8				
W. Muestra seca	5482.3				
W. M. pasa 200	520.2				
3. HUMEDAD					
P1	6140.1				
P2	6002.5				
P3	195.0				
W %	2.37				
4. GRANULOMETRIA					
NORMA	TAMIZ	PESO RET.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA
INVIAS					
ART.330					
					100.00
100	1 1/2"	1566.0	26.09	26.09	73.91
70-100	1"	240.6	4.01	30.10	69.90
60-90	3/4"	380.6	6.34	36.44	63.56
45-75	3/8"	336.1	5.60	42.04	57.96
30-60	Nº 4	154.7	2.58	44.61	55.39
20-45	Nº 10	172.3	2.87	47.49	52.51
10-30	Nº 40	544.0	9.06	56.55	43.45
5-15	Nº 200	2088.0	34.79	91.33	8.67
	FONDO	520.2	8.67	100.00	0.00
	SUMAS	6002.5	100.00		
5. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA					
Cu	141.0				
Cc	0.1				
6. CLASIFICACIÓN					
U.S.C.	SW				
INDICE DE GRUPO	0				
AASHTO	A-2-4				
7. PORCENTAJES DEL MATERIAL					
> 3"	0.00 %				
GRAVA	44.6 %				
ARENA	46.72 %				
FINOS	8.67 %				
8. TAMAÑOS					
T.M.	2"				
T.N.	1 1/2"				

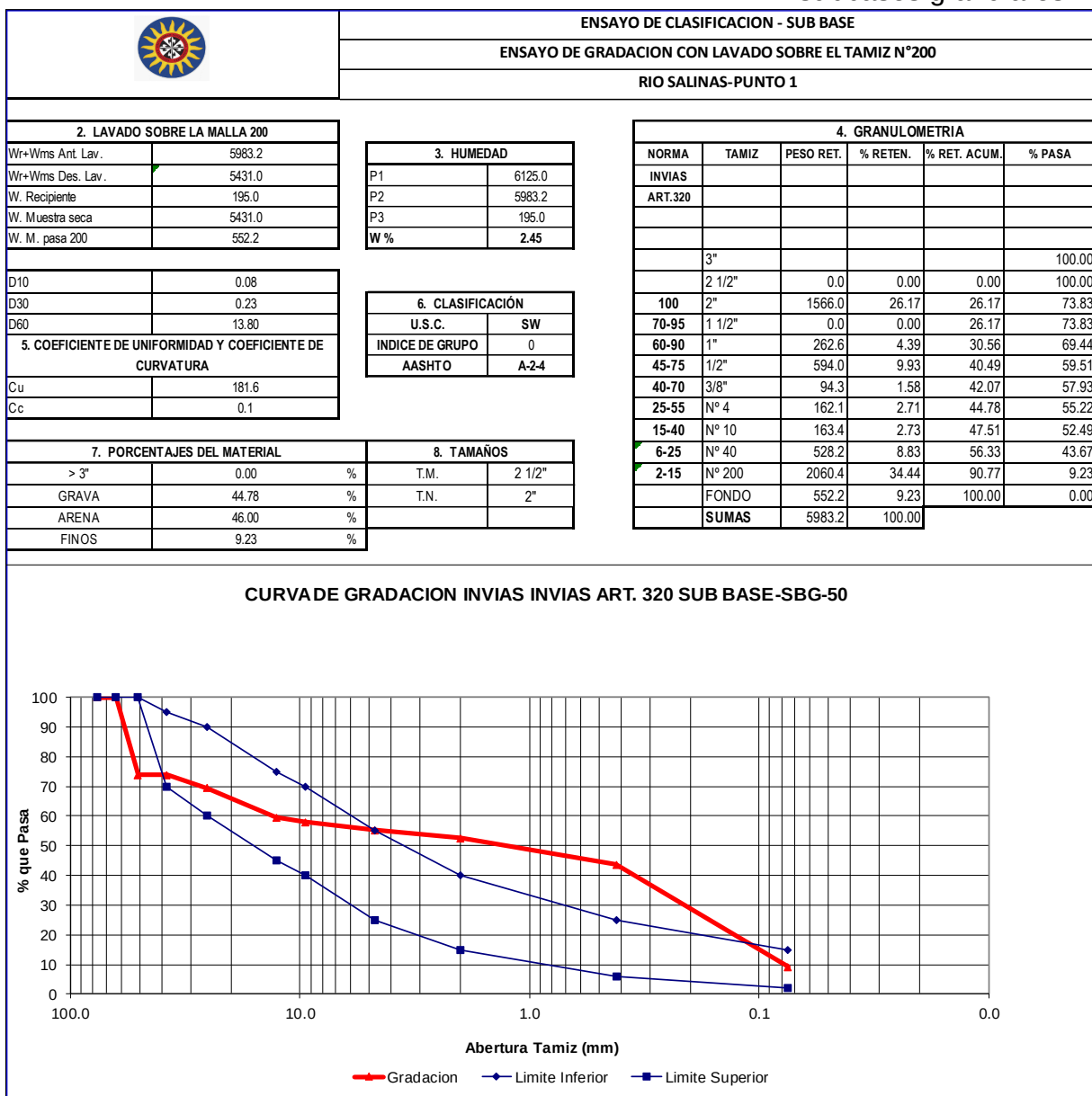
CURVADE GRADACION INVIAS INVIAS ART. 330 BASE-BG-40

Abertura Tamiz (mm)	Gradacion (%)	Limite Inferior (%)	Limite Superior (%)
100.0	100	100	100
75.0	75	100	100
60.0	70	75	100
47.5	65	65	90
37.5	60	50	68
30.0	58	30	45
25.0	55	15	32
20.0	52	10	20
15.0	48	8	12
12.5	45	5	8
10.0	40	2	5

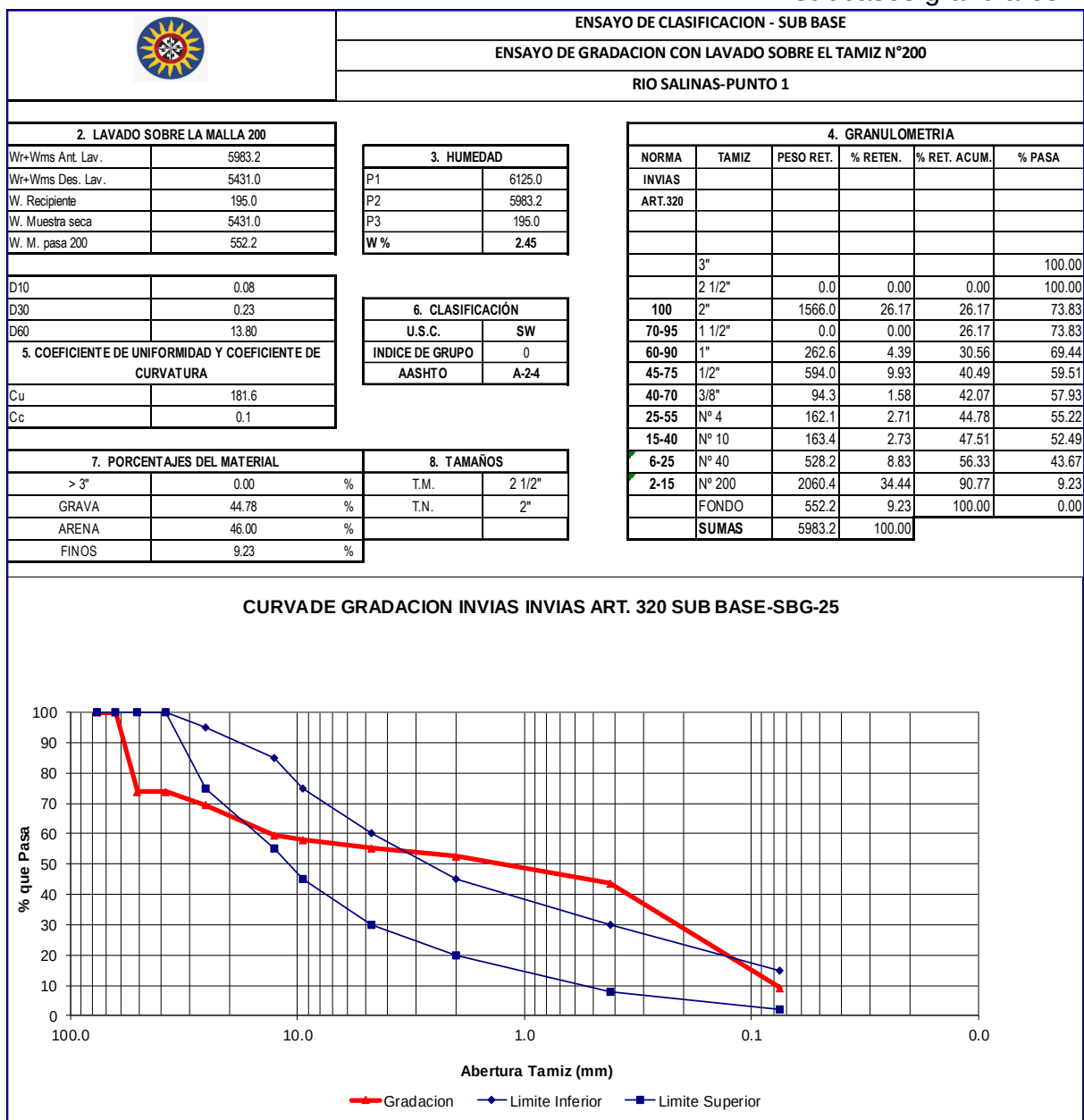
[illegible]

[illegible]

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



		ENSAYO DE GRADACION CON LAVADO SOBRE EL TAMIZ N°200 RIO SALINAS-PUNTO 2																																																															
2. LAVADO SOBRE LA MALLA 200		3. HUMEDAD		4. GRANULOMETRIA																																																													
Wr+Wms Ant. Lav.	5945.3	P1	6075.5	NORMA	TAMIZ																																																												
Wr+Wms Des. Lav.	5435.9	P2	5945.3	INVIAS	PESO RET.																																																												
W. Recipiente	195.2	P3	195.2	ART.330	% RETEN.																																																												
W. Muestra seca	5435.9	W %	2.26		% RET. ACUM.																																																												
W. M. pasa 200	509.4				% PASA																																																												
5. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA		6. CLASIFICACIÓN																																																															
D10	0.079	U.S.C.	SW																																																														
D30	0.23	INDICE DE GRUPO	0																																																														
D60	11.80	AASHTO	A-2-4																																																														
Cu	149.4																																																																
Cc	0.1																																																																
7. PORCENTAJES DEL MATERIAL		8. TAMAÑOS																																																															
> 3"	0.00 %	T.M.	2"																																																														
GRAVA	45.0 %	T.N.	1 1/2"																																																														
ARENA	46.43 %																																																																
FINOS	8.57 %																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>100</td> <td>1 1/2"</td> <td>1581.2</td> <td>26.60</td> <td>26.60</td> <td>73.40</td> </tr> <tr> <td>70-100</td> <td>1"</td> <td>228.9</td> <td>3.85</td> <td>30.45</td> <td>69.55</td> </tr> <tr> <td>60-90</td> <td>3/4"</td> <td>389.5</td> <td>6.55</td> <td>37.00</td> <td>63.00</td> </tr> <tr> <td>45-75</td> <td>3/8"</td> <td>341.6</td> <td>5.75</td> <td>42.74</td> <td>57.26</td> </tr> <tr> <td>30-60</td> <td>N° 4</td> <td>134.2</td> <td>2.26</td> <td>45.00</td> <td>55.00</td> </tr> <tr> <td>20-45</td> <td>N° 10</td> <td>159.7</td> <td>2.69</td> <td>47.69</td> <td>52.31</td> </tr> <tr> <td>10-30</td> <td>N° 40</td> <td>529.0</td> <td>8.90</td> <td>56.58</td> <td>43.42</td> </tr> <tr> <td>5-15</td> <td>N° 200</td> <td>2071.8</td> <td>34.85</td> <td>91.43</td> <td>8.57</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FONDO</td> <td>509.4</td> <td>8.57</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SUMAS</td> <td>5945.3</td> <td>100.00</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						100	1 1/2"	1581.2	26.60	26.60	73.40	70-100	1"	228.9	3.85	30.45	69.55	60-90	3/4"	389.5	6.55	37.00	63.00	45-75	3/8"	341.6	5.75	42.74	57.26	30-60	N° 4	134.2	2.26	45.00	55.00	20-45	N° 10	159.7	2.69	47.69	52.31	10-30	N° 40	529.0	8.90	56.58	43.42	5-15	N° 200	2071.8	34.85	91.43	8.57		FONDO	509.4	8.57	100.00	0.00		SUMAS	5945.3	100.00		
100	1 1/2"	1581.2	26.60	26.60	73.40																																																												
70-100	1"	228.9	3.85	30.45	69.55																																																												
60-90	3/4"	389.5	6.55	37.00	63.00																																																												
45-75	3/8"	341.6	5.75	42.74	57.26																																																												
30-60	N° 4	134.2	2.26	45.00	55.00																																																												
20-45	N° 10	159.7	2.69	47.69	52.31																																																												
10-30	N° 40	529.0	8.90	56.58	43.42																																																												
5-15	N° 200	2071.8	34.85	91.43	8.57																																																												
	FONDO	509.4	8.57	100.00	0.00																																																												
	SUMAS	5945.3	100.00																																																														

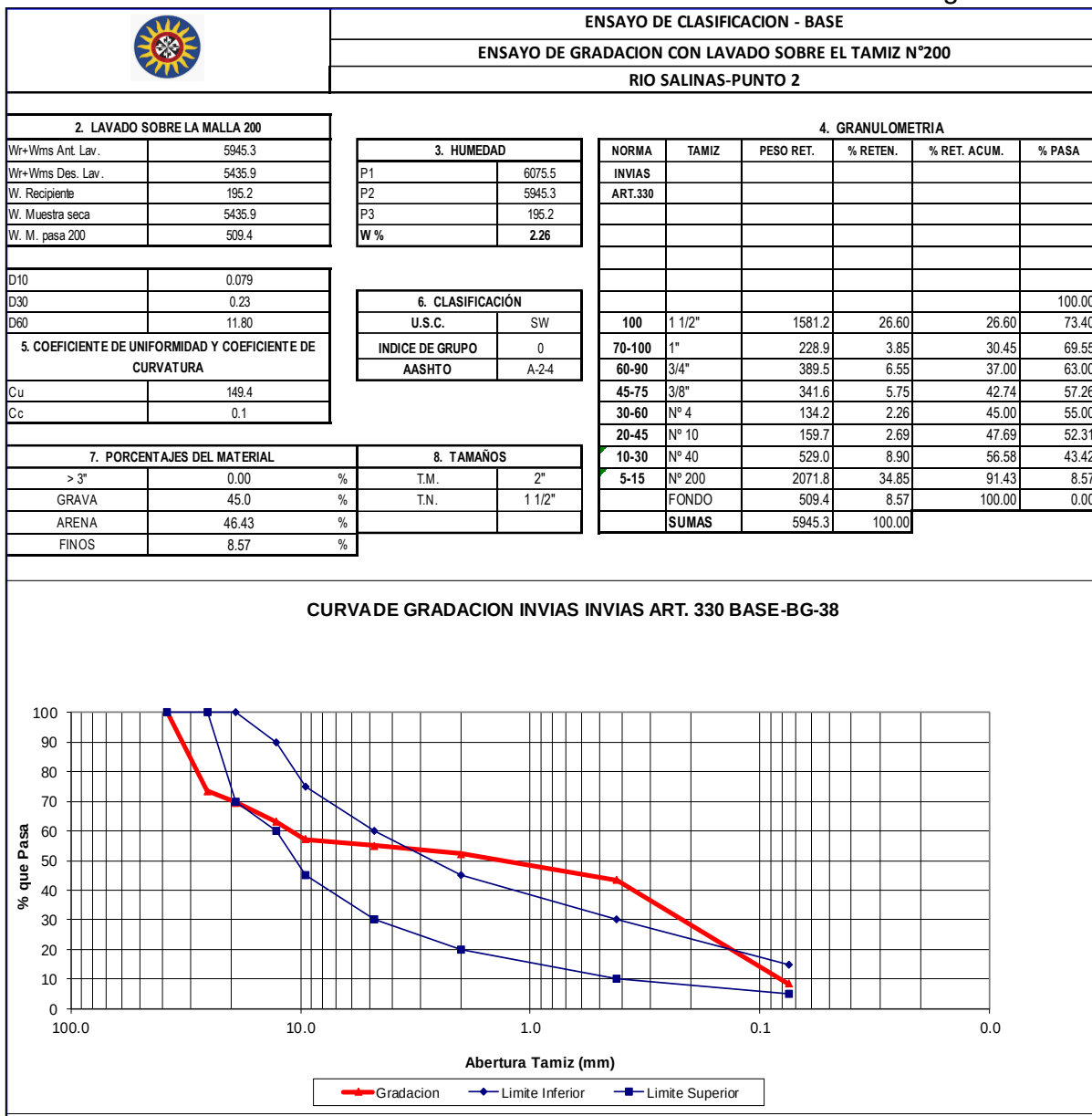
CURVA DE GRADACION INVIAS INVIAS ART. 330 BASE-BG-40

Abertura Tamiz (mm)	% que Pasa (Gradacion)	% que Pasa (Limite Superior)	% que Pasa (Limite Inferior)
100.0	100	100	100
75.0	75	100	100
60.0	70	75	75
47.5	65	65	65
37.5	60	45	45
30.0	58	30	30
25.0	55	15	15
20.0	52	10	10
15.0	50	5	5
12.5	48	2	2
10.0	45	0	0
7.5	42	0	0
6.0	40	0	0
4.75	38	0	0
3.75	35	0	0
3.0	32	0	0
2.5	30	0	0
2.0	28	0	0
1.5	25	0	0
1.25	22	0	0
1.0	20	0	0
0.75	18	0	0
0.6	15	0	0
0.5	12	0	0
0.425	10	0	0
0.375	8	0	0
0.3	5	0	0
0.25	2	0	0
0.2	0	0	0
0.15	0	0	0
0.125	0	0	0
0.1	0	0	0
0.075	0	0	0

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

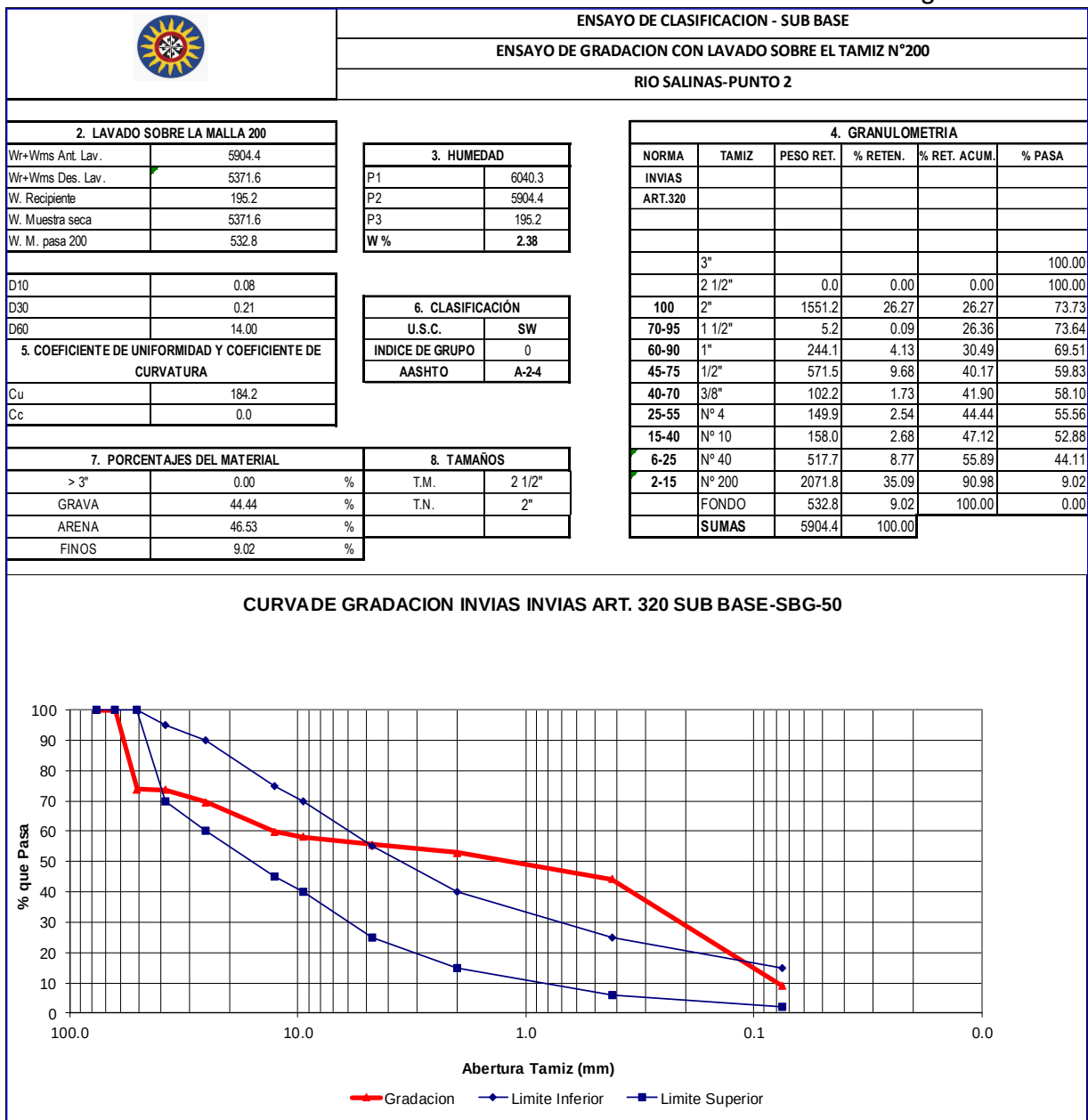
[illegible]

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

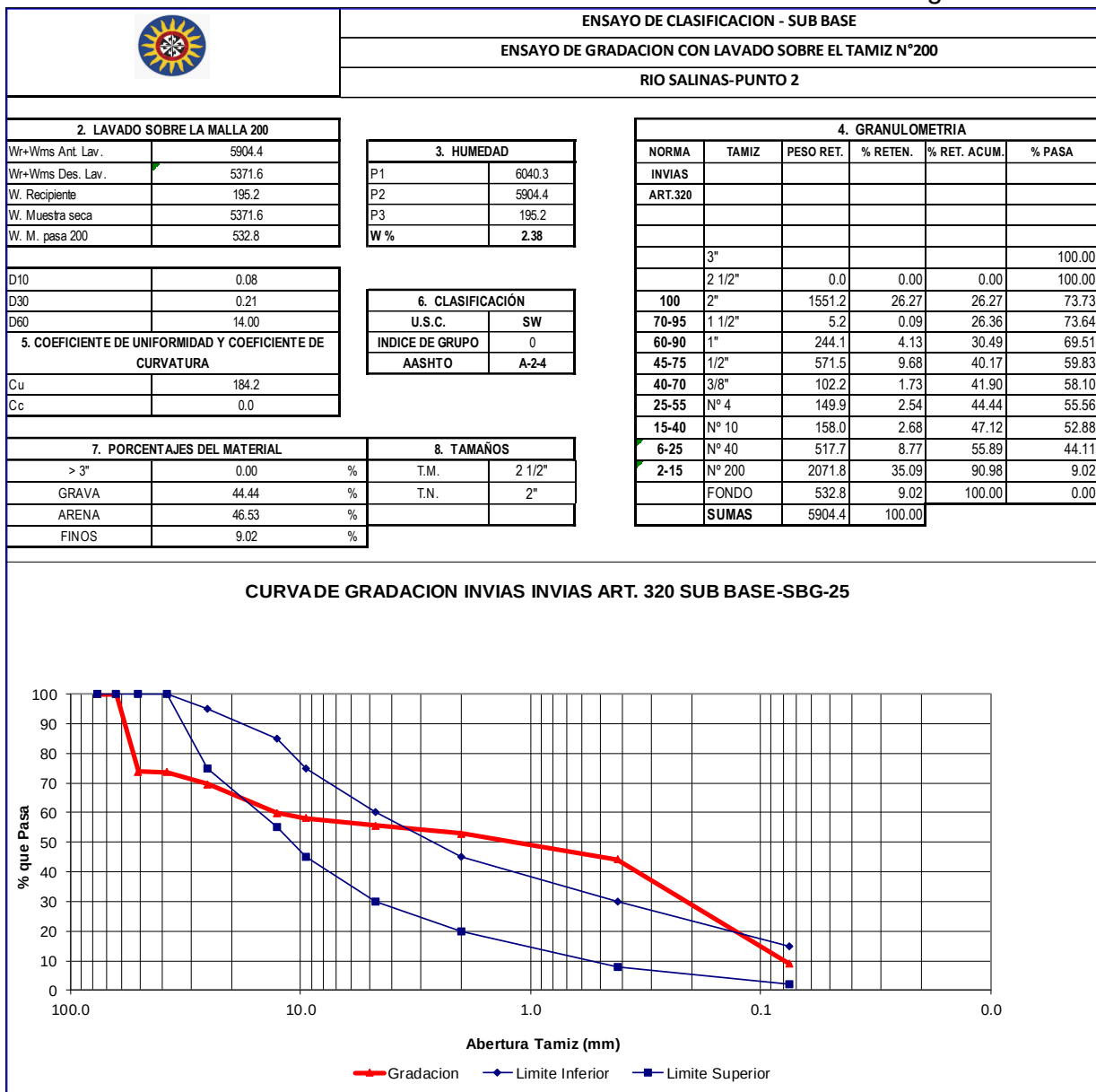


[illegible]

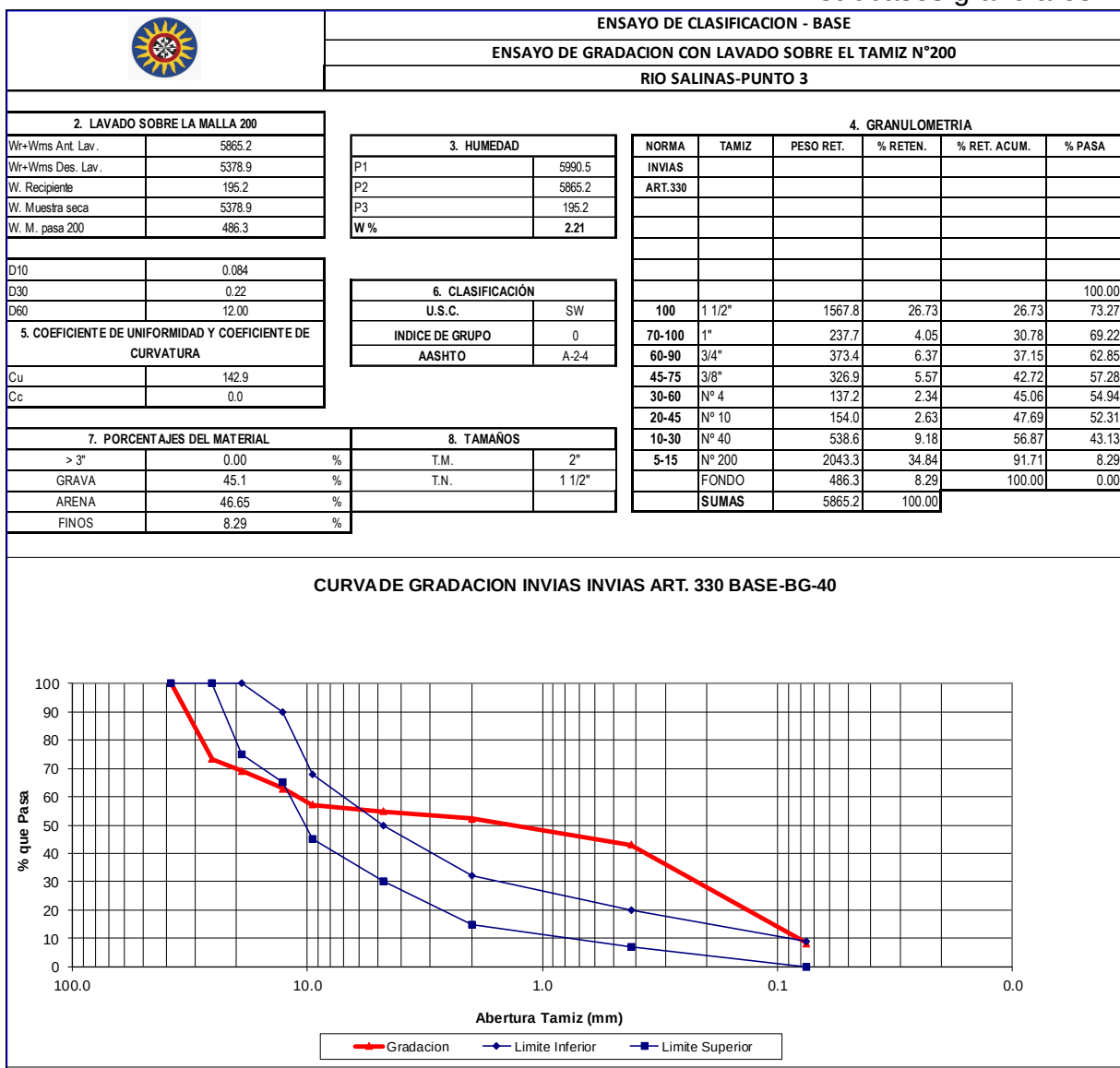
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



ENSAYO DE CLASIFICACION - BASE

ENSAYO DE GRADACION CON LAVADO SOBRE EL TAMIZ N°200

RIO SALINAS-PUNTO 3

2. LAVADO SOBRE LA MALLA 200

Wr+Wms Ant. Lav.	5865.2
Wr+Wms Des. Lav.	5378.9
W. Recipiente	195.2
W. Muestra seca	5378.9
W. M. pasa 200	486.3

D10	0.084
D30	0.22
D60	12.00

5. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA

Cu	142.9
Cc	0.0

7. PORCENTAJES DEL MATERIAL

> 3"	0.00	%
GRAVA	45.1	%
ARENA	46.65	%
FINOS	8.29	%

3. HUMEDAD

P1	5990.5
P2	5865.2
P3	195.2
W %	2.21

6. CLASIFICACIÓN

U.S.C.	SW
INDICE DE GRUPO	0
AASHTO	A-2-4

4. GRANULOMETRIA

NORMA	TAMIZ	PESO RET.	% RETEN.	% RET. ACUM.	% PASA
INVIAS					
ART.330					
100	1 1/2"	1567.8	26.73	26.73	73.27
70-100	1"	237.7	4.05	30.78	69.22
60-90	3/4"	373.4	6.37	37.15	62.85
45-75	3/8"	326.9	5.57	42.72	57.28
30-60	N° 4	137.2	2.34	45.06	54.94
20-45	N° 10	154.0	2.63	47.69	52.31
10-30	N° 40	538.6	9.18	56.87	43.13
5-15	N° 200	2043.3	34.84	91.71	8.29
	FONDO	486.3	8.29	100.00	0.00
	SUMAS	5865.2	100.00		

8. TAMAÑOS

T.M.	2"
T.N.	1 1/2"

CURVA DE GRADACION INVIAS INVIAS ART. 330 BASE-BG-27

Abertura Tamiz (mm)	Gradacion (%)	Limite Inferior (%)	Limite Superior (%)
100.0	100.0	100.0	100.0
75.0	73.2	100.0	100.0
60.0	62.9	100.0	100.0
47.5	52.3	100.0	100.0
37.5	45.1	73.2	73.2
30.0	42.7	56.9	56.9
25.0	40.5	42.7	42.7
20.0	37.2	30.8	30.8
15.0	34.8	26.7	26.7
12.5	30.8	20.0	20.0
10.0	26.7	15.0	15.0
7.5	23.7	10.0	10.0
6.0	20.4	8.3	8.3
4.75	15.6	8.3	8.3
3.75	13.7	8.3	8.3
3.0	13.7	8.3	8.3
2.5	13.7	8.3	8.3
2.0	13.7	8.3	8.3
1.5	13.7	8.3	8.3
1.18	13.7	8.3	8.3
0.85	13.7	8.3	8.3
0.75	8.3	8.3	8.3

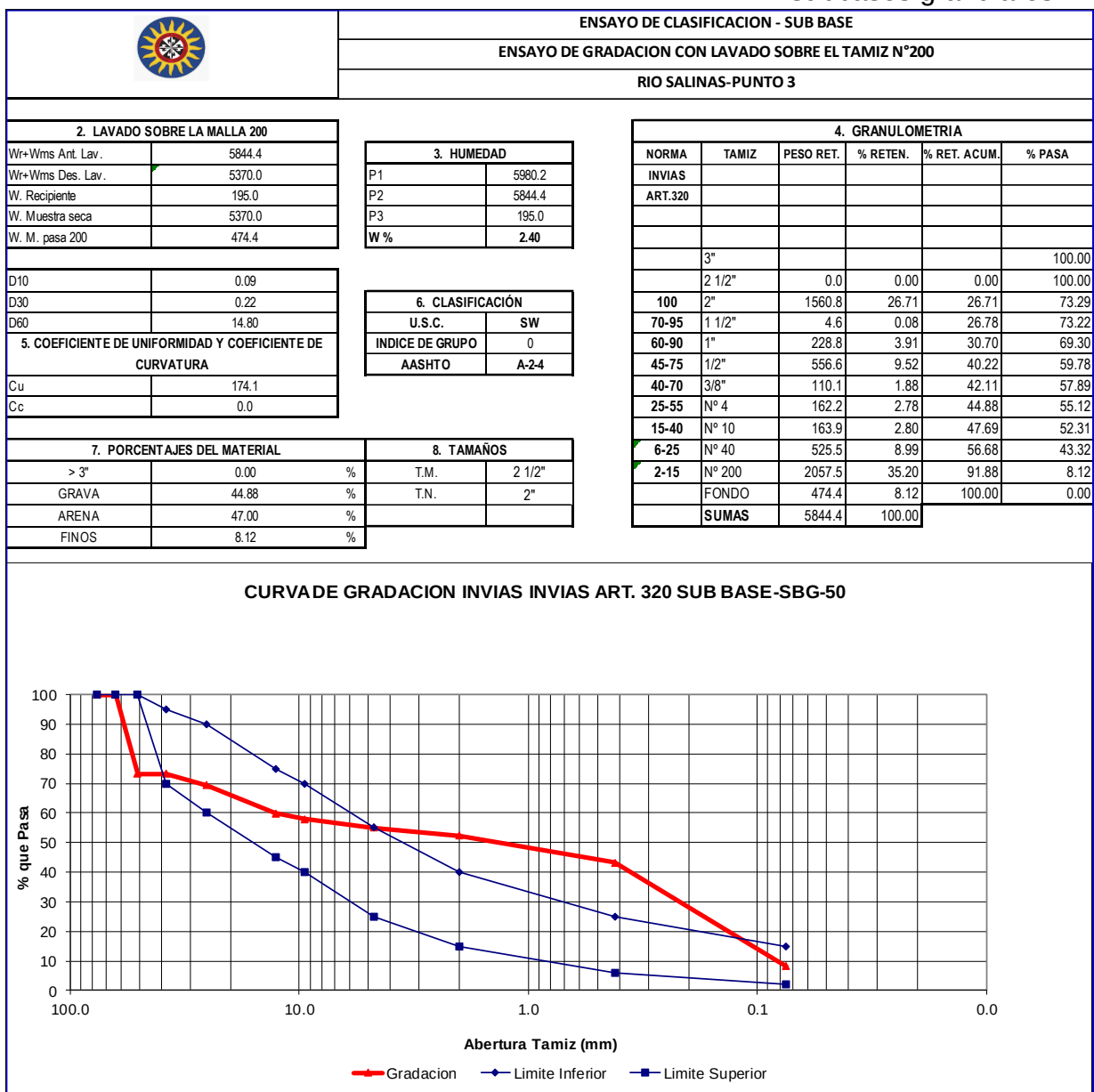
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

[illegible]

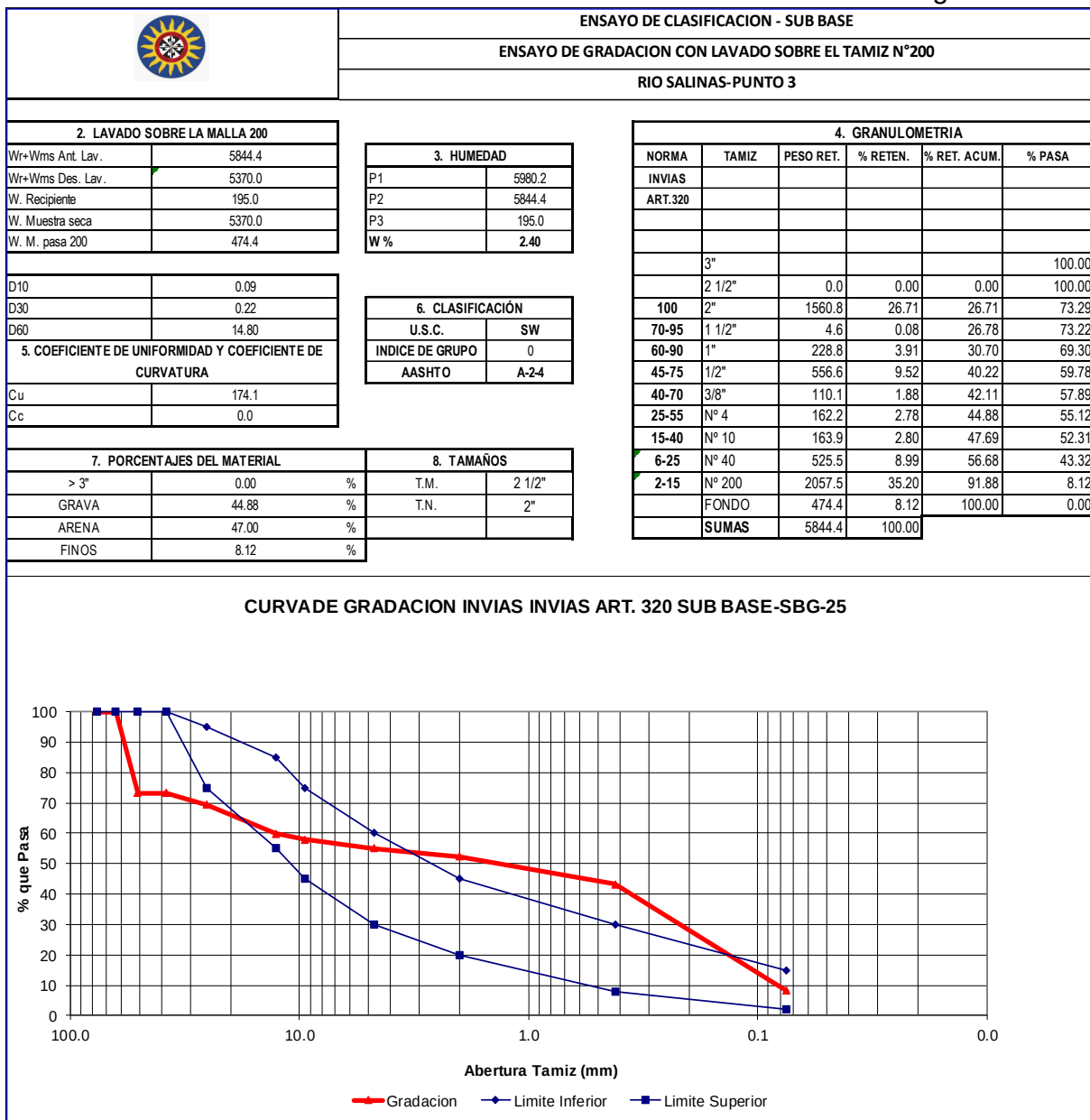
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

[illegible]

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



ANEXO C – DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES RIO UPIN

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

	DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES							
	I.N.V E-218 - E - 219							
	RIO UPIN- PUNTO 1-X-1055500 Y-963000							
	BASE							
ENSAYOS	1		2					
MUESTRA	500 REV		100 REV					
MATERIAL	BASE		BASE					
GRADACION USADA	A		A					
Pa grs.	5002		5002					
Pb grs.	3462.1		4708.2					
DESGASTE %	30.8		5.9					
ESPECIFICACION %	40%		8%					
Pa - Pb Desgaste % = ----- * 100 Pa Pa = Peso de la muestra seca antes del ensayo Pb = Peso de la muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz No. 12								
DATOS SOBRE GRADACIONES								
TAMAÑO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA grs						
PASA	RETIENE	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	# 3			2500				
# 3	# 4			2500				
# 4	# 8				5000			
Número de bolas		12	11	8	6	12	12	12
Número de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

	DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES																																							
	I.N.V E-218 - E - 219																																							
	RIO UPIN- PUNTO 2-X-1055525 Y-963025																																							
	BASE																																							
<table border="1"> <tr> <td>ENSAYOS</td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MUESTRA</td> <td>500 REV</td> <td>100 REV</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MATERIAL</td> <td>BASE</td> <td>BASE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GRADACION USADA</td> <td>A</td> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pa grs.</td> <td>5000</td> <td>5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pb grs.</td> <td>3421.8</td> <td>4698.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESGASTE %</td> <td>31.6</td> <td>6.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESPECIFICACION %</td> <td>40%</td> <td>8%</td> <td></td> </tr> </table>									ENSAYOS	1	2		MUESTRA	500 REV	100 REV		MATERIAL	BASE	BASE		GRADACION USADA	A	A		Pa grs.	5000	5000		Pb grs.	3421.8	4698.8		DESGASTE %	31.6	6.0		ESPECIFICACION %	40%	8%	
ENSAYOS	1	2																																						
MUESTRA	500 REV	100 REV																																						
MATERIAL	BASE	BASE																																						
GRADACION USADA	A	A																																						
Pa grs.	5000	5000																																						
Pb grs.	3421.8	4698.8																																						
DESGASTE %	31.6	6.0																																						
ESPECIFICACION %	40%	8%																																						
$\text{Desgaste \%} = \frac{Pa - Pb}{Pa} * 100$ Pa - Pb Desgaste % = ----- * 100 Pa Pa = Peso de la muestra seca antes del ensayo Pb = Peso de la muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz No. 12																																								
DATOS SOBRE GRADACIONES																																								
TAMAÑO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA grs																																						
PASA	RETIENE	A	B	C	D	E	F	G																																
3"	2 1/2"					2500																																		
2 1/2"	2"					2500																																		
2"	1 1/2"					5000	5000																																	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000																																
1"	3/4"	1250						5000																																
3/4"	1/2"	1250	2500																																					
1/2"	3/8"	1250	2500																																					
3/8"	# 3			2500																																				
# 3	# 4			2500																																				
# 4	# 8				5000																																			
Número de bolas		12	11	8	6	12	12	12																																
Número de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000																																

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

	DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES							
	I.N.V E-218 - E - 219							
	RIO UPIN- PUNTO 3-X-1055550 Y-963050							
	BASE							
ENSAYOS	1		2					
MUESTRA	500 REV		100 REV					
MATERIAL	BASE		BASE					
GRADACION USADA	A		A					
Pa grs.	5000		5000					
Pb grs.	3455		4703.7					
DESGASTE %	30.9		5.9					
ESPECIFICACION %	40%		8%					
Pa - Pb Desgaste % = ----- * 100 Pa Pa = Peso de la muestra seca antes del ensayo Pb = Peso de la muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz No. 12								
DATOS SOBRE GRADACIONES								
TAMAÑO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA grs						
PASA	RETIENE	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	# 3			2500				
# 3	# 4			2500				
# 4	# 8				5000			
Número de bolas		12	11	8	6	12	12	12
Número de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

ANEXO D – DESGASTE MAQUINA DE LOS ANGELES RIO SALINAS

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

	DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES							
	I.N.V E-218 - E - 219							
	RIO SALINAS- PUNTO 1							
	BASE							
ENSAYOS	1	2						
MUESTRA	500 REV	100 REV						
MATERIAL	BASE	BASE						
GRADACION USADA	A	A						
Pa grs.	5000	5000						
Pb grs.	2225.6	4561.5						
DESGASTE %	55.5	8.8						
ESPECIFICACION %	40%	8%						
Pa - Pb Desgaste % = ----- * 100 Pa Pa = Peso de la muestra seca antes del ensayo Pb = Peso de la muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz No. 12								
DATOS SOBRE GRADACIONES								
TAMAÑO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA grs						
PASA	RETIENE	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	# 3			2500				
# 3	# 4			2500				
# 4	# 8				5000			
Número de bolas		12	11	8	6	12	12	12
Número de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

	DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES							
	I.N.V E-218 - E - 219							
	RIO SALINAS- PUNTO 2							
	BASE							
ENSAYOS	1	2						
MUESTRA	500 REV	100 REV						
MATERIAL	BASE	BASE						
GRADACION USADA	A	A						
Pa grs.	5000	5000						
Pb grs.	2201.2	4575.8						
DESGASTE %	56.0	8.5						
ESPECIFICACION %	40%	8%						
Pa - Pb Desgaste % = ----- * 100 Pa Pa = Peso de la muestra seca antes del ensayo Pb = Peso de la muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz No. 12								
DATOS SOBRE GRADACIONES								
TAMAÑO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA grs						
PASA	RETIENE	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	# 3			2500				
# 3	# 4			2500				
# 4	# 8				5000			
Número de bolas		12	11	8	6	12	12	12
Número de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

	DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES							
	I.N.V E-218 - E - 219							
	RIO SALINAS- PUNTO 3							
	BASE							
ENSAYOS	1		2					
MUESTRA	500 REV		100 REV					
MATERIAL	BASE		BASE					
GRADACION USADA	A		A					
Pa grs.	5000		5000					
Pb grs.	2192.5		4566.1					
DESGASTE %	56.2		8.7					
ESPECIFICACION %	40%		8%					
Pa - Pb Desgaste % = ----- * 100 Pa Pa = Peso de la muestra seca antes del ensayo Pb = Peso de la muestra seca después del ensayo y después de lavar sobre tamiz No. 12								
DATOS SOBRE GRADACIONES								
TAMAÑO		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA grs						
PASA	RETIENE	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	# 3			2500				
# 3	# 4			2500				
# 4	# 8				5000			
Número de bolas		12	11	8	6	12	12	12
Número de revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000

ANEXO E- SULFATOS DE SODIO Y MAGNESIO RIO UPIN

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO UPIN-PUNTO 1-X-1055500 Y-963000				
		SULFATO DE SODIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
2 1/2"	2"	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	476	206.2	205.3	0.4	2.1
2"	1 1/2"	117.7	52.1	51.3	1.5	1.8
1 1/2"	1 "	736	301.6	300.8	0.3	2.0
1 "	1/2"	1100	503.8	503.1	0.1	1.5
1/2"	3/8"	338.4	150.3	149.3	0.7	2.3
3/8"	N. 4	844	400.2	399.8	0.1	0.8
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			10.5			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
N. 4	N. 10	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	764.0	350.3	349.2	0.3	2.4
N. 10	N. 40	1096.5	500.1	499.5	0.1	1.3
N. 40	N. 200	330.1	150.0	149.3	0.5	1.5
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			5.3			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO UPIN-PUNTO 1-X-1055500 Y-963000				
		SULFATO DE MAGNESIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
2 1/2"	2"	A	B	C	D	2.2
2"	1 1/2"	476	220.3	219.3	0.5	2.4
1 1/2"	1 "	117.7	58.6	57.4	2.0	3.6
1 "	1/2"	736	350.8	349.1	0.5	2.4
1/2"	3/8"	1100	500.5	499.4	0.2	2.0
3/8"	N. 4	338.4	150.2	149.3	0.6	2.7
	TOTAL	844	400.1	398.8	0.3	
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			15.3			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
N. 4	N. 10	A	B	C	D	4.3
N. 10	N. 40	764.0	300.3	298.6	0.6	4.8
N. 40	N. 200	1096.5	500.1	497.9	0.4	3.7
	TOTAL	330.1	150	148.3	1.1	
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			12.9			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO UPIN-PUNTO 2-X-1055525 Y-963025				
		SULFATO DE SODIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	488.3	230.5	229.6	0.4	1.9
2"	1 1/2"	123.5	50.2	49.5	1.4	1.7
1 1/2"	1 "	737.4	340.8	339.9	0.3	1.9
1 "	1/2"	1112.6	410.2	409.4	0.2	2.2
1/2"	3/8"	343.8	160.7	159.7	0.6	2.1
3/8"	N. 4	858.9	405.6	404.8	0.2	1.7
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			11.6			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	758.2	350.2	349.5	0.2	1.5
N. 10	N. 40	1105.3	460.5	459.8	0.2	1.7
N. 40	N. 200	329.2	150.5	149.9	0.4	1.3
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			4.5			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO UPIN-PUNTO 2-X-1055525 Y-963025				
		SULFATO DE MAGNESIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
2 1/2"	2"	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	488.3	257.8	256.2	0.6	3.0
2"	1 1/2"	123.5	73.3	71.9	1.9	2.4
1 1/2"	1 "	737.4	396.6	395.1	0.4	2.8
1 "	1/2"	1112.6	500.2	498.9	0.3	2.9
1/2"	3/8"	343.8	183.1	181.5	0.9	3.0
3/8"	N. 4	858.9	453.3	451.8	0.3	2.8
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			16.9			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
N. 4	N. 10	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	758.2	408	406.9	0.3	2.0
N. 10	N. 40	1105.3	644.8	643.1	0.3	2.9
N. 40	N. 200	329.2	178.7	177.2	0.8	2.8
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			7.7			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO UPIN-PUNTO 3-X-1055550 Y-963050				
		SULFATO DE SODIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
2 1/2"	2"	A	B	C	D	1.6
2"	1 1/2"	472.2	205.5	204.8	0.3	2.6
1 1/2"	1 "	115.8	40.5	39.6	2.2	1.5
1 "	1/2"	732.4	330.8	330.1	0.2	2.5
1/2"	3/8"	1108.9	400.8	399.9	0.2	1.6
3/8"	N. 4	335.8	170.2	169.4	0.5	2.5
	TOTAL	852.2	380.6	379.5	0.3	
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			12.3			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
N. 4	N. 10	A	B	C	D	2.4
N. 10	N. 40	761.2	320.8	319.8	0.3	1.6
N. 40	N. 200	1098.2	420.5	419.9	0.1	2.1
	TOTAL	354.8	170.8	169.8	0.6	
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			6.0			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO UPIN-PUNTO 3-X-1055550 Y-963050				
		SULFATO DE MAGNESIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
2 1/2"	2"	A	B	C	D	
2"	1 1/2"	472.2	266.7	265.1	0.6	2.8
1 1/2"	1 "	115.8	75.3	73.2	2.8	3.2
1 "	1/2"	732.4	401.6	400.2	0.3	2.6
1/2"	3/8"	1108.9	505.5	504.1	0.3	3.1
3/8"	N. 4	335.8	165.6	164.2	0.8	2.8
	TOTAL	852.2	471.6	470.2	0.3	2.5
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			17.1			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
N. 4	N. 10	A	B	C	D	
N. 10	N. 40	761.2	440.4	438.7	0.4	2.9
N. 40	N. 200	1098.2	677.7	675.5	0.3	3.6
	TOTAL	354.8	184	182.4	0.9	3.1
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			9.6			

ANEXO F- SULFATOS DE SODIO Y MAGNESIO RIO SALINAS

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO SALINAS-PUNTO 1				
		SULFATO DE SODIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
2 1/2"	2"	A	B	C	D	
		1566	676.0	675	0.1	2.3
2"	1 1/2"	0	0.0	0		
1 1/2"	1 "	262.6	120.2	118.9	1.1	2.8
1 "	1/2"	594	248.2	247.3	0.4	2.2
1/2"	3/8"	94.3	35.9	35.1	2.2	2.1
3/8"	N. 4	162.1	65.5	64.8	1.1	1.7
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			11.1			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
		A	B	C	D	
N. 4	N. 10	163.4	60.5	59.6	1.5	2.4
N. 10	N. 40	528.2	120.9	119.8	0.9	4.8
N. 40	N. 200	2060.4	1162.0	1160	0.2	3.5
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			10.8			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO SALINAS-PUNTO 1				
		SULFATO DE MAGNESIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	1566	892	889	0.3	5.3
2"	1 1/2"	0	0			
1 1/2"	1 "	262.6	144.2	141.8	1.7	4.4
1 "	1/2"	594	350.1	347.4	0.8	4.6
1/2"	3/8"	94.3	60.3	57.6	4.5	4.2
3/8"	N. 4	162.1	98.2	95.8	2.4	4.0
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			22.4			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	163.4	106.4	103.9	2.3	3.8
N. 10	N. 40	528.2	406	403.2	0.7	3.6
N. 40	N. 200	2060.4	940.3	938.6	0.2	3.7
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			11.2			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO SALINAS-PUNTO 2				
		SULFATO DE SODIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	1551.2	510.2	509.6	0.1	1.8
2"	1 1/2"	5.2	2.5	2.2	12.0	0.6
1 1/2"	1 "	244.1	118.0	116.3	1.4	3.5
1 "	1/2"	571.5	260.8	259.1	0.7	3.7
1/2"	3/8"	102.2	55.5	53.8	3.1	3.1
3/8"	N. 4	149.9	72.2	71.2	1.4	2.1
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			14.9			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	158.0	72.5	71.2	1.8	2.8
N. 10	N. 40	517.7	240.8	239.6	0.5	2.6
N. 40	N. 200	2071.8	530.2	529.5	0.1	2.7
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			8.1			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO SALINAS-PUNTO 2				
		SULFATO DE MAGNESIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	1551.2	550.9	549.3	0.3	4.5
2"	1 1/2"	5.2	2.7	2.2	18.5	1.0
1 1/2"	1 "	244.1	126.1	124.3	1.4	3.5
1 "	1/2"	571.5	310.7	308.7	0.6	3.7
1/2"	3/8"	102.2	46.7	44.9	3.9	3.9
3/8"	N. 4	149.9	77.7	75.6	2.7	4.1
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			20.6			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	158.0	85.5	83.6	2.2	3.5
N. 10	N. 40	517.7	276.9	275.3	0.6	3.0
N. 40	N. 200	2071.8	570.8	569.5	0.2	4.7
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			11.2			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO SALINAS-PUNTO 3				
		SULFATO DE SODIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
2 1/2"	2"	A	B	C	D	
2"	1 1/2"	1560.8	460.2		100.0	1560.8
1 1/2"	1 "	4.6	2.1	0	100.0	4.6
1 "	1/2"	228.8	108.7		100.0	228.8
1/2"	3/8"	556.6	232.6		100.0	556.6
3/8"	N. 4	110.1	40.8		100.0	110.1
	TOTAL	162.2	81.2		100.0	162.2
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			2623.1			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
Pasa	Retenido	Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
N. 4	N. 10	A	B	C	D	
N. 10	N. 40	163.9	87.7		100.0	163.9
N. 40	N. 200	525.5	261.2		100.0	525.5
	TOTAL	2057.5	460.8		100.0	2057.5
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			2746.9			

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

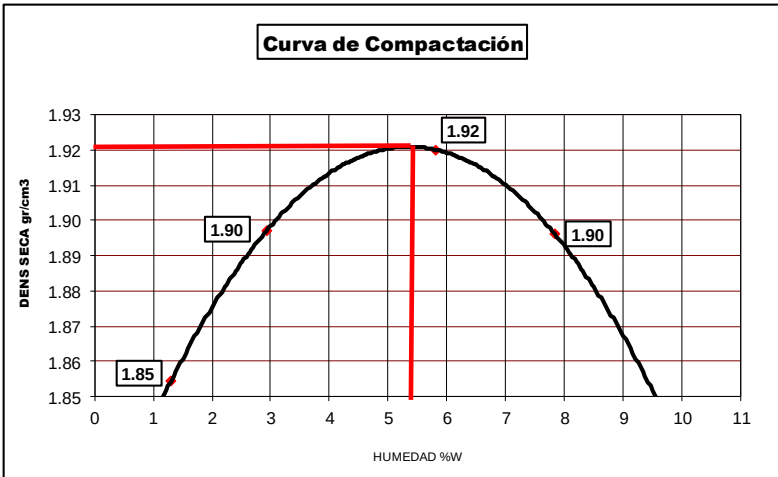
		ENSAYO DE CLASIFICACION				
		SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE SULFATOS				
		I.N.V E-220				
		RIO SALINAS-PUNTO 3				
		SULFATO DE MAGNESIO-SUB BASE				
AGREGADOS GRUESOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
2 1/2"	2"	1560.8	510.2		100.0	1560.8
2"	1 1/2"	4.6	2.5		100.0	4.6
1 1/2"	1 "	228.8	120.1		100.0	228.8
1 "	1/2"	556.6	324		100.0	556.6
1/2"	3/8"	110.1	69.3		100.0	110.1
3/8"	N. 4	162.2	81		100.0	162.2
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO GRUESO			2623.1			
AGREGADOS FINOS						
Tamiz		Gradacion	Peso Fraccion	Peso Fraccion	% Perdida	AD/100
		Muestra Or. %	Antes ensayo (gr)	Despues ensayo (gr)	D= 100(B-C)	
Pasa	Retenido	A	B	C	D	
N. 4	N. 10	163.9	76.2		100.0	163.9
N. 10	N. 40	525.5	264.3		100.0	525.5
N. 40	N. 200	2057.5	505.7		100.0	2057.5
	TOTAL					
RESULTADO SANIDAD AGREGADO FINO			2746.9			

ANEXO G – PROCTOR RIO UPIN

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

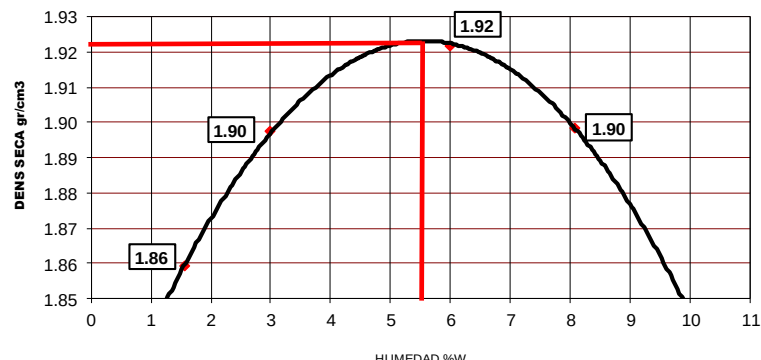
		ENSAYO DE CLASIFICACION			
		ENSAYO DE PROCTOR			
		INV-E-142			
		RIO UPIN- PUNTO 1-X-1055500 Y-963000			
PROCTOR	MODIFICADO METODO	X C	MARTILLO CAIDA No CAPAS GOLPES x CAPA	5,001Kg (10lbs) 45.72 cm 5 56	
MUESTRA HUMEDA + MOLDE	grs	7648	7815	7993	8023
PESO DEL MOLDE	grs	3412	3412	3412	3412
PESO MUESTRA HUMEDA	grs	4236	4403	4581	4611
PESO MUESTRA SECA	grs	4181.6	4278.0	4329.2	4276.1
PESO MUESTRA SECA	lbs	9.199	9.412	9.524	9.407
VOLUMEN DEL MOLDE	pie3	2255	2255	2255	2255
DENSIDAD MUESTRA SECA	lbs/pie3	115.7	118.4	119.8	118.3
DENSIDAD MUESTRA SECA	grs/cm3	1.854	1.897	1.920	1.896
CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%W)					
RECIPIENTE		3	5	7	2
P1 MATERIAL HUMEDO + RECIPIENTE		731.30	638.80	437.30	382.30
P2 MATERIAL SECO + RECIPIENTE		723.5	624.2	414.6	356.3
P3 PESO RECIPIENTE		124.4	124.4	24.3	24.3
P4 PESO DE AGUA		7.80	14.60	22.70	26.00
P5 PESO MATERIAL SECO		599.1	499.8	390.3	332.0
PORCENTAJE DE HUMEDAD, (W%)		1.3	2.9	5.8	7.8

Curva de Compactación

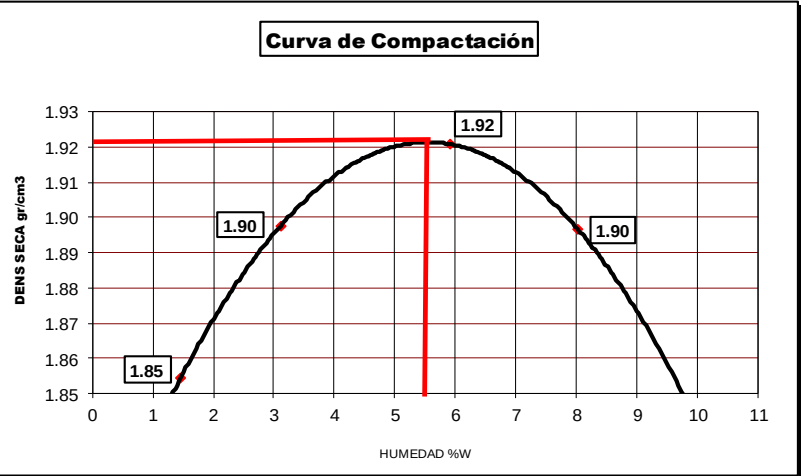


DENS MAX gr/cm3	1.921
DENS MAX lb/pie3=	119.9
W OPTIMA %	5.40

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION			
		ENSAYO DE PROCTOR			
		INV-E-142			
		RIO UPIN- PUNTO 2-X-1055525 Y-963025			
PROCTOR	MODIFICADO METODO	X C	MARTILLO CAIDA No CAPAS GOLPES x CAPA	5,001Kg (10lbs) 45,72 cm 5 56	
MUESTRA HUMEDA + MOLDE	grs	7671	7819	8005	8039
PESO DEL MOLDE	grs	3412	3412	3412	3412
PESO MUESTRA HUMEDA	grs	4259	4407	4593	4627
PESO MUESTRA SECA	grs	4193.1	4279.0	4333.8	4281.3
PESO MUESTRA SECA	lbs	9.225	9.414	9.534	9.419
VOLUMEN DEL MOLDE	pie3	2255	2255	2255	2255
DENSIDAD MUESTRA SECA	lbs/pie ³	116.0	118.4	119.9	118.5
DENSIDAD MUESTRA SECA	grs/cm ³	1.859	1.898	1.922	1.899
CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%W)					
RECIPIENTE		10	8	5	7
P1 MATERIAL HUMEDO + RECIPIENTE		550.80	520.40	450.50	410.80
P2 MATERIAL SECO + RECIPIENTE		544.2	508.9	432.1	389.4
P3 PESO RECIPIENTE		124.2	124.4	124.4	124.4
P4 PESO DE AGUA		6.60	11.50	18.40	21.40
P5 PESO MATERIAL SECO		420.0	384.5	307.7	265.0
PORCENTAJE DE HUMEDAD, (W%)		1.6	3.0	6.0	8.1
Curva de Compactación 					
				DENS MAX gr/cm3	1.924
				DENS MAX lb/pie3=	120.1
				W OPTIMA %	5.50

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION			
		ENSAYO DE PROCTOR			
		INV-E-142			
		RIO UPIN- PUNTO 3-X-1055550 Y-963050			
PROCTOR	MODIFICADO METODO	X C	MARTILLO CAIDA No CAPAS GOLPES x CAPA	5,001Kg (10lbs) 45,72 cm 5 56	
MUESTRA HUMEDA + MOLDE	grs	7655	7824	7999	8032
PESO DEL MOLDE	grs	3412	3412	3412	3412
PESO MUESTRA HUMEDA	grs	4243	4412	4587	4620
PESO MUESTRA SECA	grs	4181.9	4279.0	4331.2	4276.5
PESO MUESTRA SECA	lbs	9.200	9.414	9.529	9.408
VOLUMEN DEL MOLDE	pie ³	2255	2255	2255	2255
DENSIDAD MUESTRA SECA	lbs/pie ³	115.7	118.4	119.9	118.3
DENSIDAD MUESTRA SECA	grs/cm ³	1.855	1.898	1.921	1.896
CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%W)					
RECIPIENTE		2	1	4	6
P1 MATERIAL HUMEDO + RECIPIENTE		610.70	585.50	420.30	405.50
P2 MATERIAL SECO + RECIPIENTE		603.7	571.6	403.8	384.6
P3 PESO RECIPIENTE		124.4	124.4	124.4	124.4
P4 PESO DE AGUA		7.00	13.90	16.50	20.90
P5 PESO MATERIAL SECO		479.3	447.2	279.4	260.2
PORCENTAJE DE HUMEDAD, (W%)		1.5	3.1	5.9	8.0
Curva de Compactación 					
DENS MAX gr/cm3				1.922	
DENS MAX lb/pie3=				120.0	
W OPTIMA %				5.50	

ANEXO H – PROCTOR RIO SALINAS

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

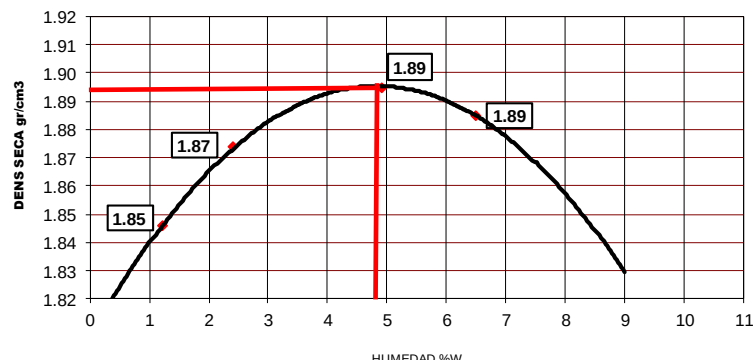
	ENSAYO DE CLASIFICACION				
	ENSAYO DE PROCTOR				
	INV-E-142				
	RIO SALINAS- PUNTO 1				

PROCTOR	MODIFICADO	<u>X</u>		MARTILLO	<u>5,001Kg (10lbs)</u>
	METODO	<u>C</u>		CAIDA	<u>45,72 cm</u>
				No CAPAS	<u>5</u>
				GOLPES x CAPA	<u>56</u>

MUESTRA HUMEDA + MOLDE	grs	7625	7740	7895	7939
PESO DEL MOLDE	grs	3412	3412	3412	3412
PESO MUESTRA HUMEDA	grs	4213	4328	4483	4527
PESO MUESTRA SECA	grs	4162.1	4225.8	4272.8	4250.8
PESO MUESTRA SECA	lbs	9.157	9.297	9.400	9.352
VOLUMEN DEL MOLDE	pie ³	2255	2255	2255	2255
DENSIDAD MUESTRA SECA	lbs/pie ³	115.2	116.9	118.2	117.6
DENSIDAD MUESTRA SECA	grs/cm ³	1.846	1.874	1.895	1.885

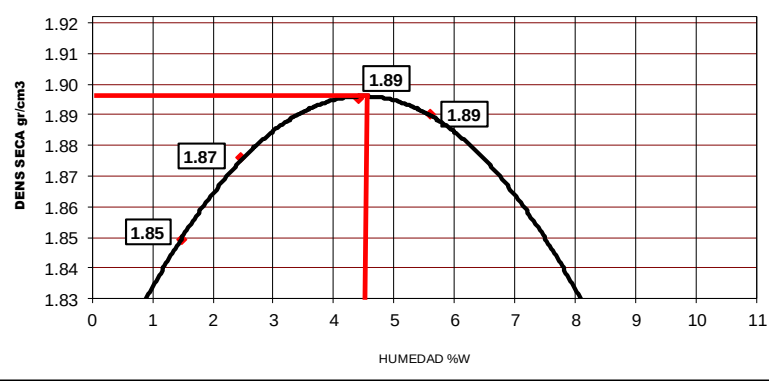
CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%W)					
RECIPIENTE		1	3	4	7
P1 MATERIAL HUMEDO + RECIPIENTE		530.40	480.70	570.80	610.20
P2 MATERIAL SECO + RECIPIENTE		525.5	472.3	549.9	580.6
P3 PESO RECIPIENTE		125.0	125.0	125.0	125.0
P4 PESO DE AGUA		4.90	8.40	20.90	29.60
P5 PESO MATERIAL SECO		400.5	347.3	424.9	455.6
PORCENTAJE DE HUMEDAD, (W%)		1.2	2.4	4.9	6.5

Curva de Compactación



DENS MAX gr/cm3	1.895
DENS MAX lb/pie3=	118.3
W OPTIMA %	4.80

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

		ENSAYO DE CLASIFICACION			
		ENSAYO DE PROCTOR			
		INV-E-142			
		RIO SALINAS- PUNTO 2			
PROCTOR	MODIFICADO METODO	X C	MARTILLO CAIDA No CAPAS GOLPES x CAPA	5,001Kg (10lbs) 45,72 cm 5 56	
MUESTRA HUMEDA + MOLDE	grs	7639	7742	7869	7908
PESO DEL MOLDE	grs	3412	3412	3412	3412
PESO MUESTRA HUMEDA	grs	4227	4330	4457	4496
PESO MUESTRA SECA	grs	4165.4	4225.9	4268.9	4258.0
PESO MUESTRA SECA	lbs	9.164	9.297	9.392	9.368
VOLUMEN DEL MOLDE	pie3	2255	2255	2255	2255
DENSIDAD MUESTRA SECA	lbs/pie ³	115.3	116.9	118.1	117.8
DENSIDAD MUESTRA SECA	grs/cm ³	1.847	1.874	1.893	1.888
CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%W)					
RECIPIENTE		1	3	4	7
P1 MATERIAL HUMEDO + RECIPIENTE		557.00	520.30	480.50	570.80
P2 MATERIAL SECO + RECIPIENTE		550.7	510.8	465.5	547.2
P3 PESO RECIPIENTE		125.0	125.0	125.0	125.0
P4 PESO DE AGUA		6.30	9.50	15.00	23.60
P5 PESO MATERIAL SECO		425.7	385.8	340.5	422.2
PORCENTAJE DE HUMEDAD, (W%)		1.5	2.5	4.4	5.6
Curva de Compactación 					
DENS MAX gr/cm3				1.897	
DENS MAX lb/pie3=				118.4	
W OPTIMA %				4.60	

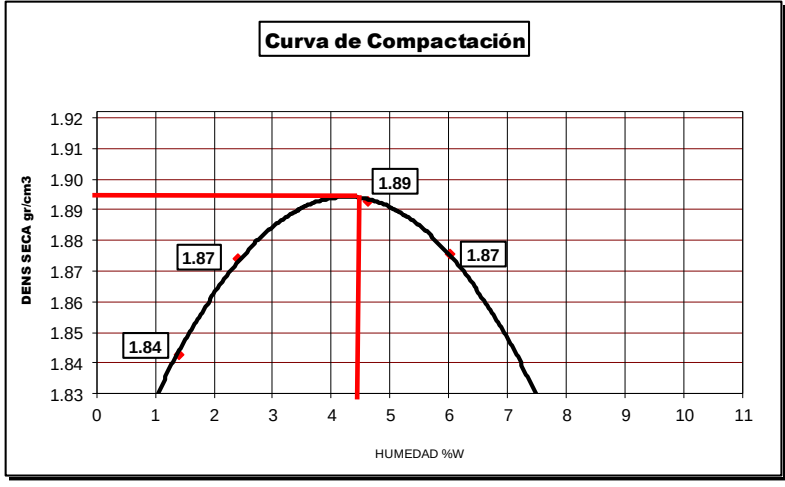
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

	ENSAYO DE CLASIFICACION				
	ENSAYO DE PROCTOR				
	INV-E-142				
	RIO SALINAS- PUNTO 3				

PROCTOR	MODIFICADO	<u>X</u>		MARTILLO	<u>5,001Kg (10lbs)</u>
	METODO	<u>C</u>		CAIDA	<u>45,72 cm</u>
				No CAPAS	<u>5</u>
				GOLPES x CAPA	<u>56</u>

MUESTRA HUMEDA + MOLDE	grs	7621	7735	7872	7891
PESO DEL MOLDE	grs	3412	3412	3412	3412
PESO MUESTRA HUMEDA	grs	4209	4323	4460	4479
PESO MUESTRA SECA	grs	4151.2	4221.5	4263.2	4224.7
PESO MUESTRA SECA	lbs	9.133	9.287	9.379	9.294
VOLUMEN DEL MOLDE	pie3	2255	2255	2255	2255
DENSIDAD MUESTRA SECA	lbs/pie ³	114.9	116.8	118.0	116.9
DENSIDAD MUESTRA SECA	grs/cm ³	1.841	1.872	1.891	1.873

CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%W)					
RECIPIENTE	1	3	4	7	
P1 MATERIAL HUMEDO + RECIPIENTE	612.50	580.60	510.20	505.50	
P2 MATERIAL SECO + RECIPIENTE	605.8	569.9	493.2	483.9	
P3 PESO RECIPIENTE	125.0	125.0	125.0	125.0	
P4 PESO DE AGUA	6.70	10.70	17.00	21.60	
P5 PESO MATERIAL SECO	480.8	444.9	368.2	358.9	
PORCENTAJE DE HUMEDAD, (W%)	1.4	2.4	4.6	6.0	

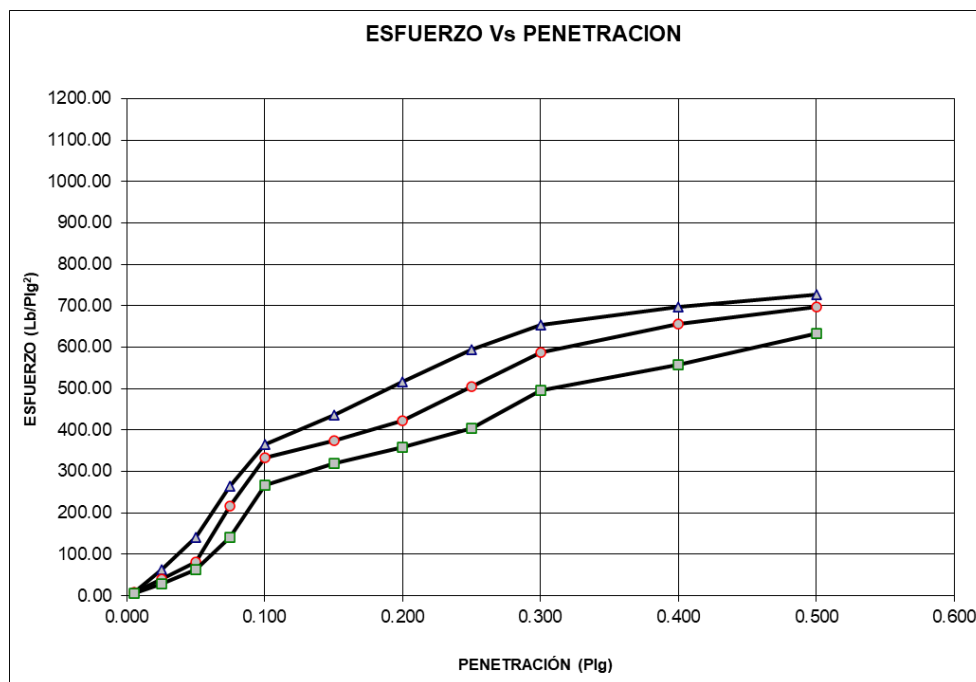
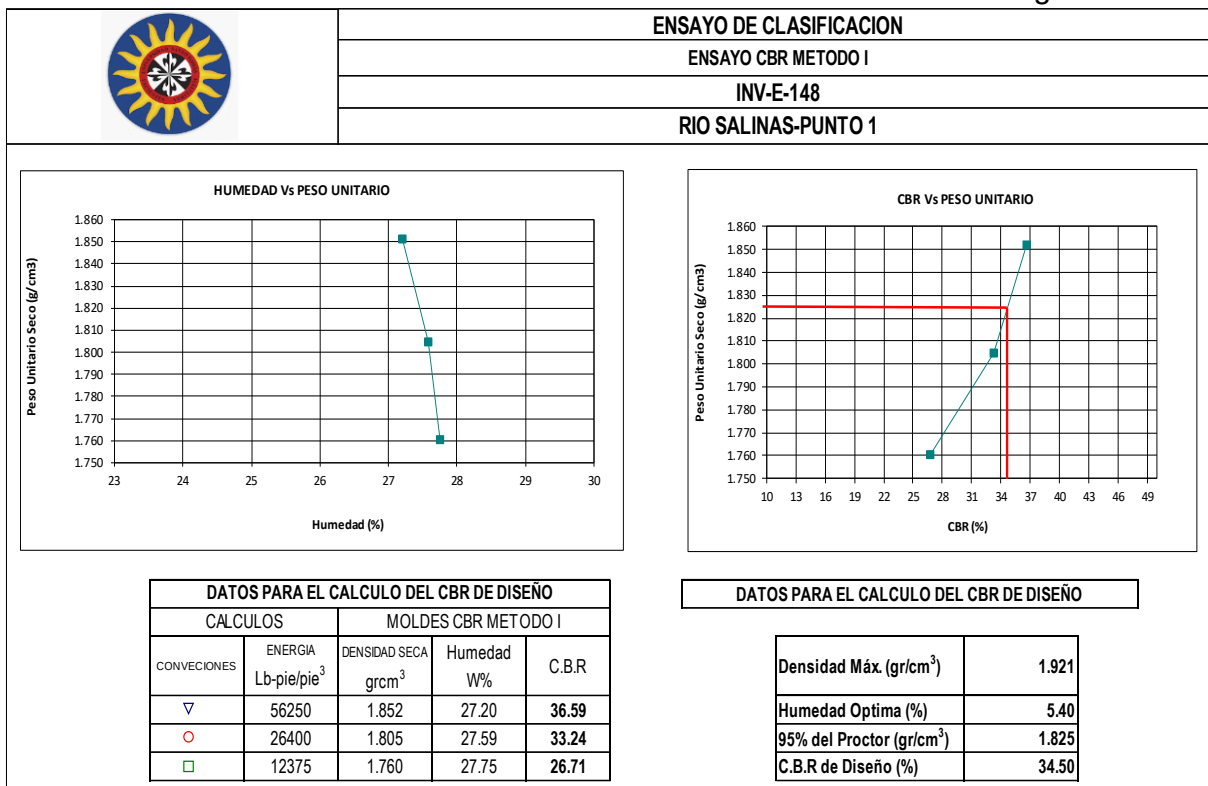


Curva de Compactación

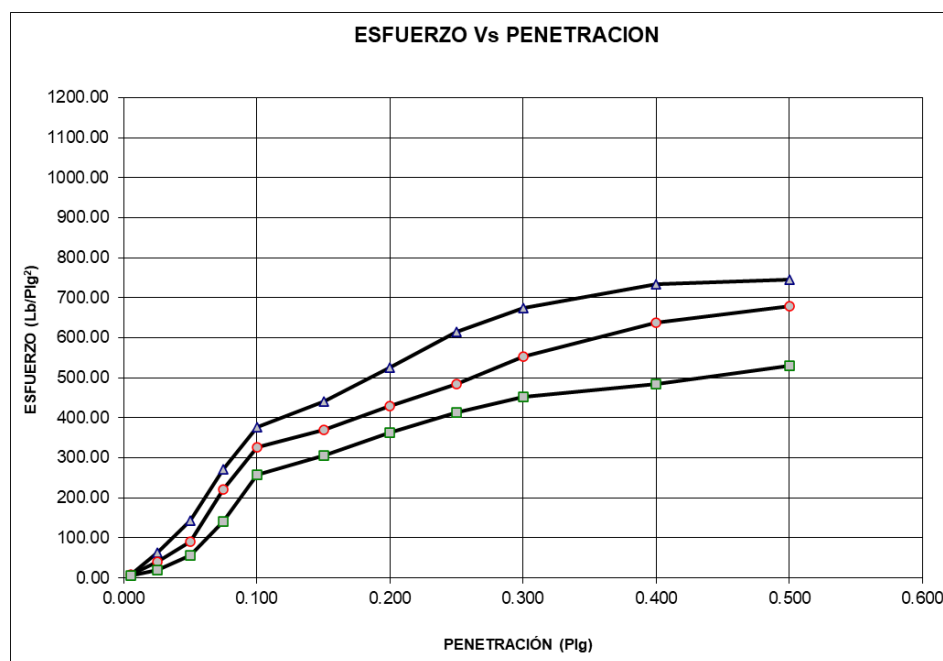
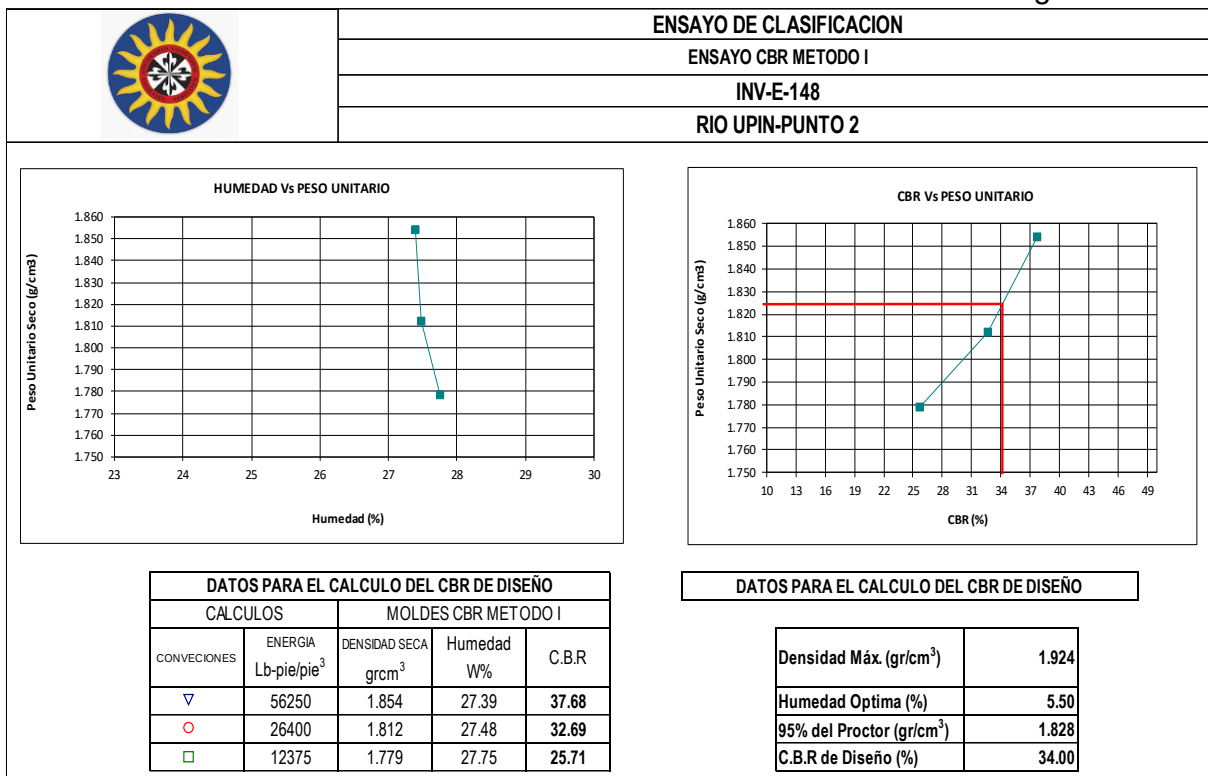
DENS MAX gr/cm3	1.894
DENS MAX lb/pie3=	118.2
W OPTIMA %	4.50

ANEXO I – CBR RIO UPIN

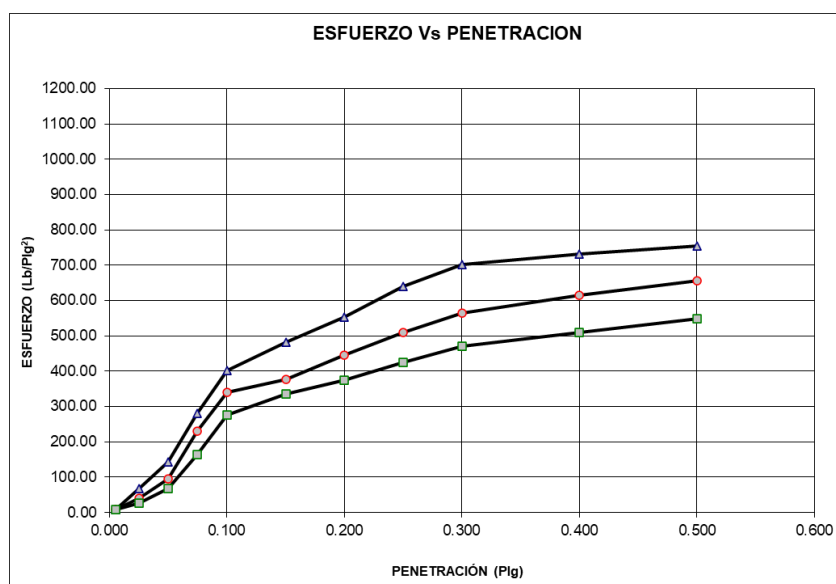
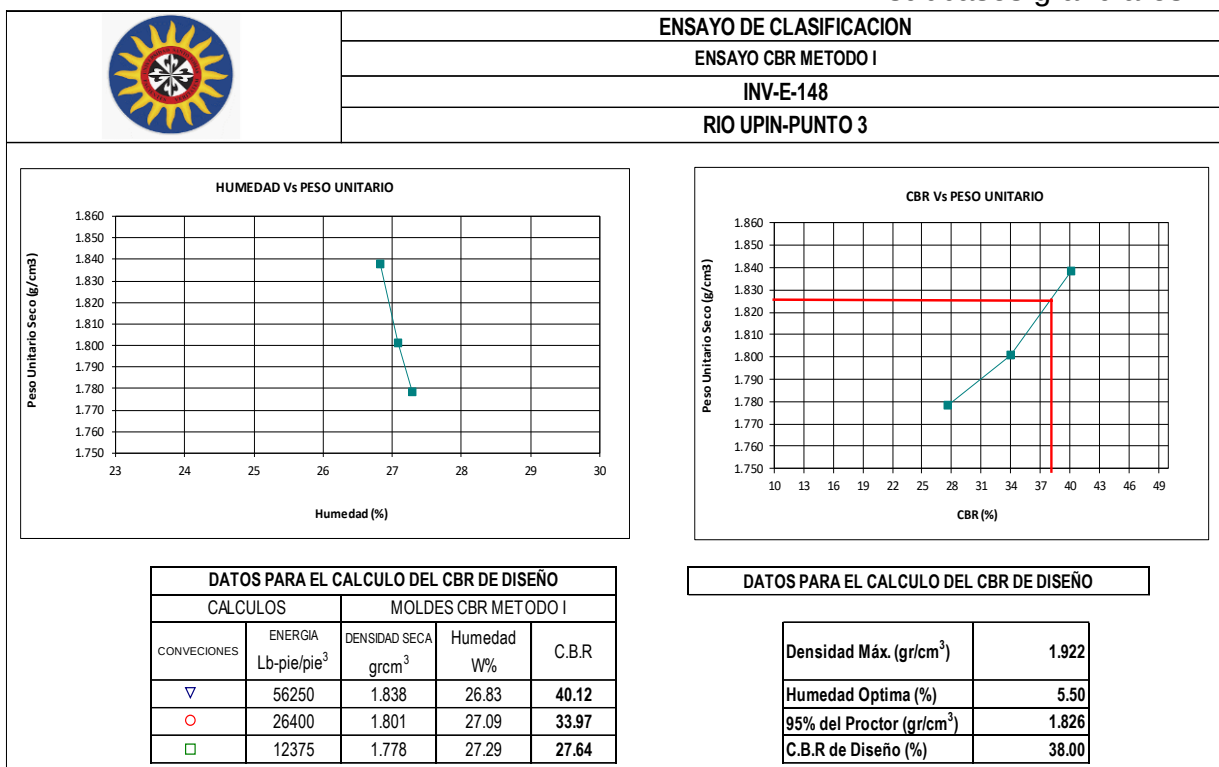
Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

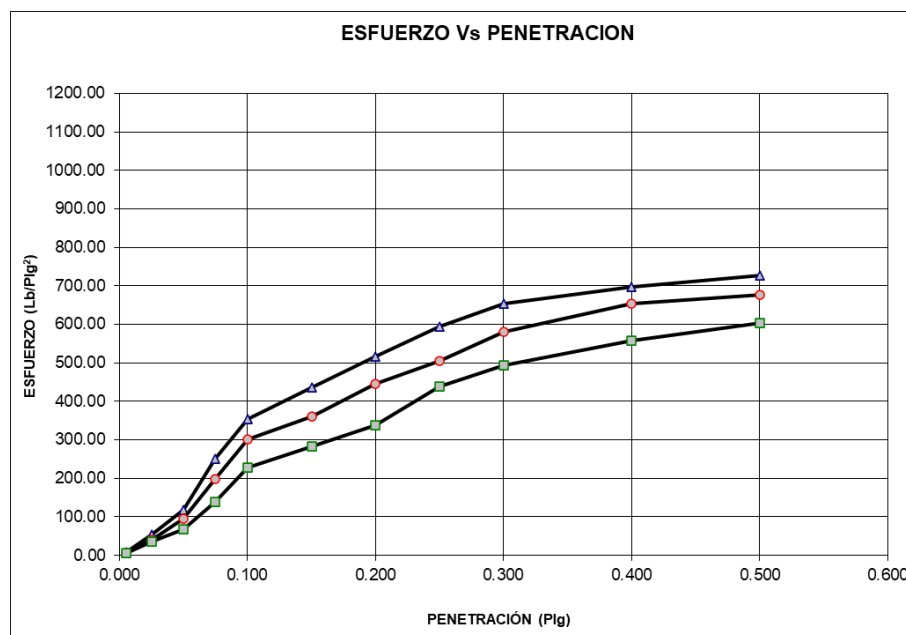
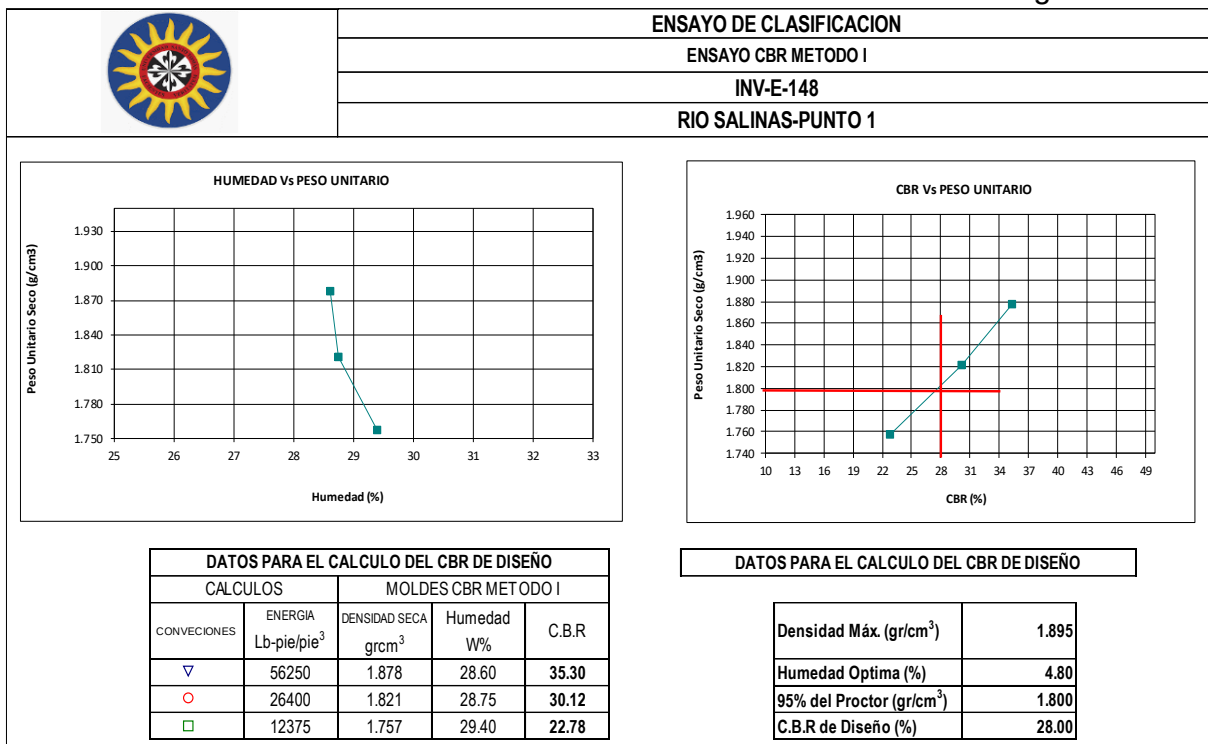


Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

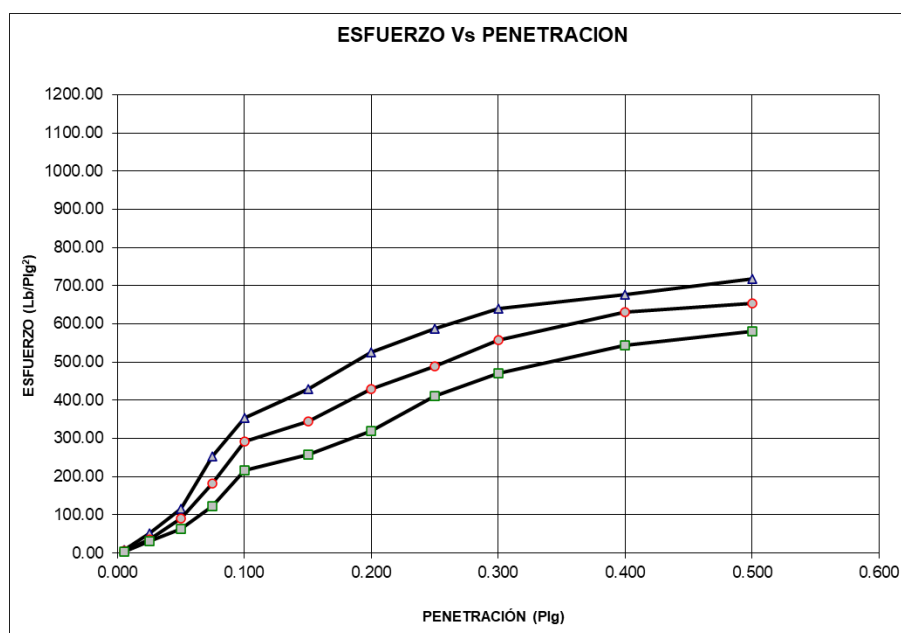
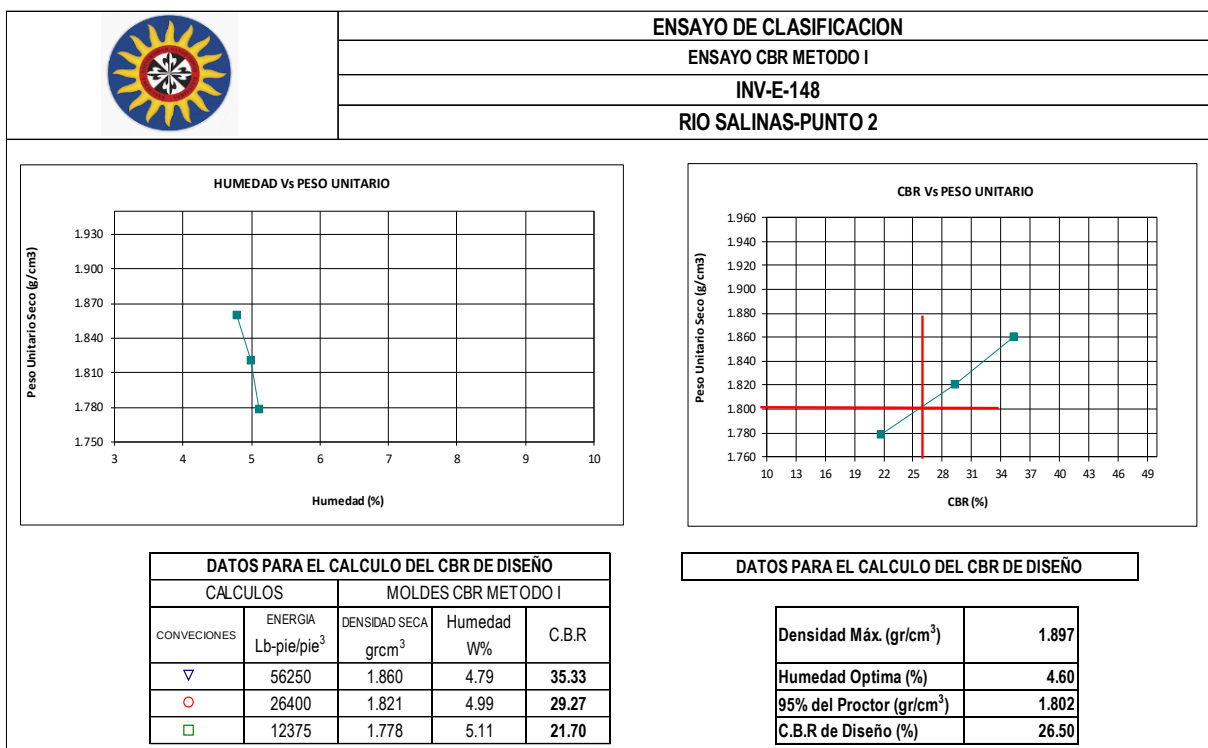


ANEXO J – CBR RIO SALINAS

Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares



Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos extraídos de los ríos Upin y Salinas ubicados en el municipio de restrepo – meta para la aplicación de bases y subbases granulares

