677

Ciudad Obregón, Sonora, a 1 de julio de 2014.

Instituto Tecnológico de Sonora
P r e s e n t e.

El que suscribe **CARLOS MARTIN VALDEZ AVILA**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: **"POTENCIAL DE EXPLOTACION DE BANCO KM9 EN GRAVA, ARENA",** en lo sucesivo "LA OBRA", misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Ingeniero Civil** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante "EL INSTITUTO", para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.

Carlos Valdez

CARLOS MARTIN VALDEZ AVILA
(Nombre y firma del autor)

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

“Potencial de explotación del banco km9 en grava, arena.”

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Carlos Martin Valdez Avila

Cd. Obregón, Sonora; 01 Julio de 2014

POTENCIAL DE EXPLOTACION DEL BANCO KM 9 EN GRAVA, ARENA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

CARLOS MARTIN VALDEZ AVILA

MTRO. JOSÉ DOLORES BELTRÁN RAMÍREZ

ASESOR

MTRO. ARTURO CERVANTES BELTRÁN

MTRO. DAGOBERTO LÓPEZ LÓPEZ.

REVISORES

DEDICATORIA

A mis padres:

Quiero agradecer a mis padres, Jesús Valdez Valdez y Carmen Cecilia Avila Guzmán por el esfuerzo que hicieron día con día para que lograra terminar mi carrera y ser una persona de bien siempre estuvieron ahí apoyándome para que nunca me diera por vencido

A mis hermanos:

Jesús y Cecilia porque son personas que he compartido momentos tristes y felices sin embargo siempre están ahí para apoyarme en las buenas y malas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Porque la fe es parte importante para mí, gracias por la vida que me has dado y dejarme disfrutarla al lado de la gente que quiero, por la fortaleza que me das para vencer los momentos más difíciles y guiarme por el camino correcto ayudándome a obtener cada uno de mis logros.

A mis Maestros:

Gracias a cada uno de los maestros que han contribuido a mi formación académica brindándome conocimientos y herramientas para enfrentar los problemas que se me presenten en la vida, a mis maestros desde preescolar porque cada etapa ha sido fundamental para poder llegar al nivel donde me encuentro. En especial al profesor José Dolores Beltrán por que hoy tengo el honor de que sea mi asesor de tesis. muchas gracias.

A mis compañeros:

Gracias a cada uno de mis compañeros porque siempre estuvieron ahí para apoyarnos entre sí en los momentos de estudio, porque después de mi casa la escuela es donde he pasado más horas, por eso la gran amistad que he formado con algunos de ellos. Ojala les sirvan los consejos de nuestros maestros y las herramientas con las que los han preparado para que logren triunfar. Les deseo éxito.

INDICE

DEDICATORIA **3**

AGRADECIMIENTOS **4**

RESUMEN **6**

I. INTRODUCCIÓN **7**

1.1 ANTECEDENTES 7
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 10
1.3 OBJETIVO 11
1.4 JUSTIFICACIÓN 11
1.5 LIMITACIONES 12
1.6 DELIMITACIONES 12

II. MARCO TEORICO **13**

2.1 BANCO DE MATERIALES 13
2.2 GRANULOMETRÍA 15
2.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 15
2.2.2 CURVAS GRANULOMÉTRICAS 16
2.2.3 ARENAS 17
2.2.4 ARCILLAS 17
2.3 SUELO 18
2.3.1 Ventajas y Desventajas *18*
2.4 MUESTREO 19

III. MÉTODO **20**

3.1 MATERIALES Y EQUIPO 20
3.2 SUJETOS 21
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN 21
3.4 PROCEDIMIENTO 22

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN **24**

4.1 RESULTADOS DE PRUEBA DE LA PRUEBA GRANULOMÉTRICA 25
4.2.1 PROCEDIMIENTO 28
MUESTRA 1 28
4.2.2 COORDENADAS DEL POLÍGONO 34

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **39**

5.1 CONCLUSIONES 39
5.2 RECOMENDACIONES 40

BIBLIOGRAFÍA **42**

ANEXO **45**

RESUMEN

En esta investigación se pretende determinar mediante la granulometría la cuantificación de volúmenes de materiales pétreos en banco de material que puedan ser utilizado por la industria de la construcción. Para esta investigación, se selecciona el sitio de interés considerando a él km. 9 de carretera Hornos Esperanza, también conocido como el Pueblito, localizado en las coordenadas geográficas: 27°39´14.37´´ N, 109°53´56.95´´W con altura de 50 metros sobre el nivel medio del mar (MSNMM). El objetivo de la investigación es cuantificar los volúmenes de materiales pétreos que se puedan explotar para ser utilizados en la industria de la construcción. El pueblito es una localidad, que se encuentra geográficamente a las márgenes del cauce del río Yaqui, haciendo historia, podemos identificar que esta margen del de río, es la parte en que siempre se ha explotado materiales como gravas, boleos y arenas. Lo que ha provocado que se encuentren varias localidades como bancos de material abandonados en la actualidad y a uno de estos, se hará la referencia en el estudio. En dirección al sur camino Hacia el poblado de Esperanza a las márgenes de la carretera, se han explotado materiales de origen sedimentario de pie de montaña, combinado con material aluvial de río el cual se le ha dado uso en la construcción como material de desplante base y sub-base. (Identificación ocular) Para el estudio se recolectaron 3 muestras del banco de material, los muestreos se hicieron a nivel de terreno natural actual, después se procesaron las muestras en laboratorio mediante la prueba granulométrica se le aplicó a cada una de las muestras, registrando los datos ordenadamente en instrumentos de registro, tales que permitan hacer la interpretación de resultados finales.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En sentido general, al referirse a los cortes que se hagan en colinas o cerros, para la extracción de materiales del terreno natural, de los cuales se obtendrá un préstamo lateral o un banco propiamente dicho. Los costos más importantes en la construcción y mantenimiento de la infraestructura vial corresponde a los materiales, rocas, grava, arena y otros suelos, por lo que su localización y selección se convierte en uno de los problemas básicos al momento de construir un proyecto de esta rama,(Rico Rodríguez , H, Del castillo 2001) Por lo tanto, se dará la debida importancia en este aspecto, ya que, en el kilómetro 9 de la carretera a hornos- esperanza no se cuenta con información de este tipo, la cual es de sumo interés en cuanto a factores económicos y de tiempo.

Localizar un banco es más que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelos o rocas que pueden emplearse en la construcción de una determinada parte de una vía terrestre, satisfaciendo las especificaciones de calidad.

Localización del área de estudio

Imagen es una figura que venga de lo general a lo particular

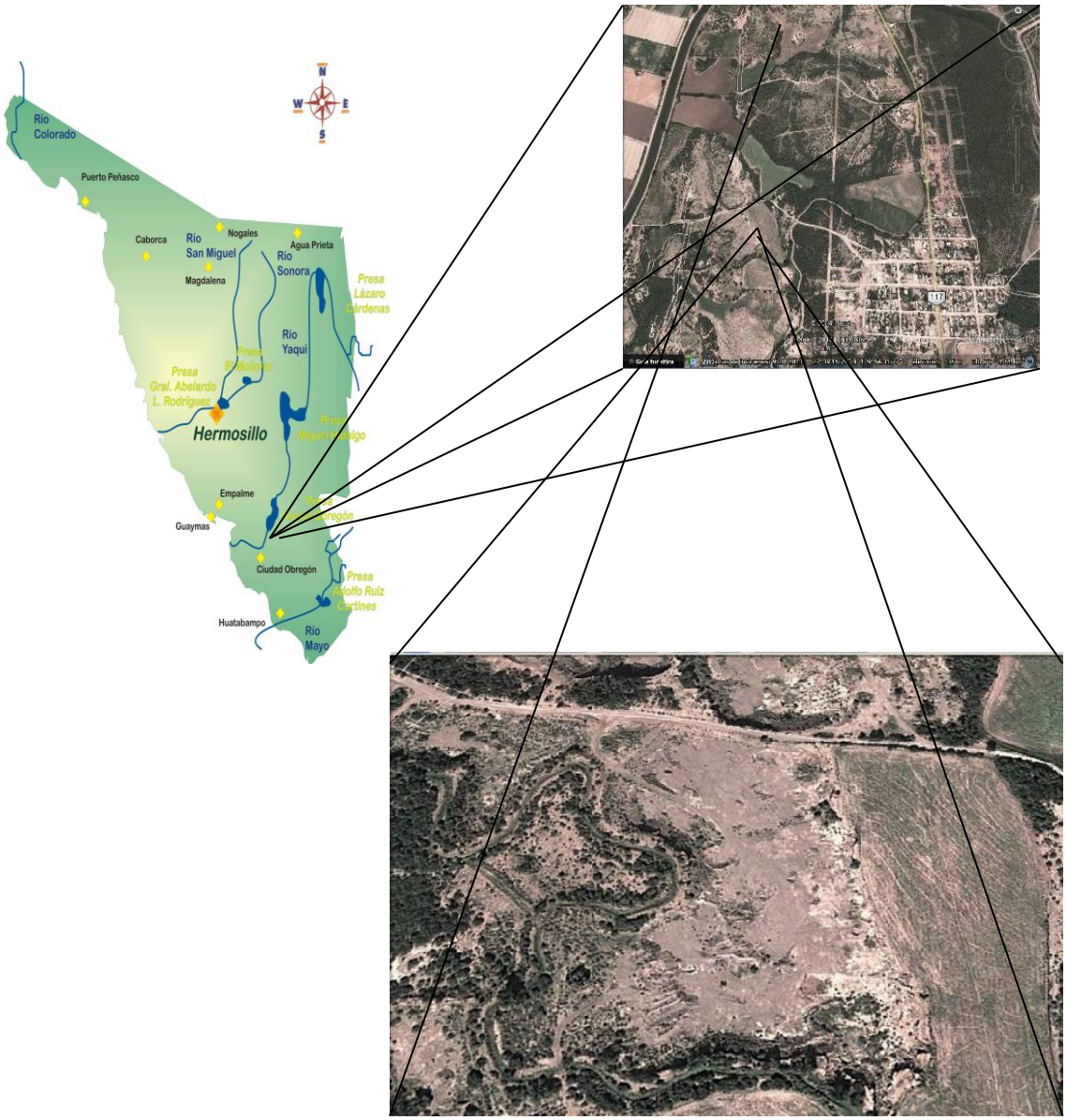


Figura 1.*En la siguiente figura se muestra la localización del sitio en el mapa*

Cuando se seleccionan “bancos de material” para la construcción de una estructura de pavimento, es necesario conocer la clase o clases de suelo existentes en dichos bancos, así como también si el material puede ser excavado, removible y utilizable. Nos referimos a utilizable ya que es importante verificar los tipo de roca que componen el conglomerado de partículas que forman el depósito, (Petrología) la rama de la geología que trata de la revisión de partículas de diferente origen y calidad en composición mineral y como roca independiente, procurando identificar toda a aquella partícula que no tenga propiedades físicas y mecánicas adecuadas a las reacciones químicas a las que será sometida a esfuerzos como componentes de una estructura compuesta de concreto.

En cuanto al costo, a lo largo de todo el proceso que involucra la explotación parcial o total del banco de material seleccionado, incluyendo el equipo y maquinaria requeridos, así como el transporte del material obtenido al lugar de la obra, genera grandes costos, por lo que es necesario saber si el banco es redituable o no, es decir si los costos generados por la extracción, triturado, lavado y acarreos de los materiales sea menor en gran medida a las ganancias que se obtendrán por su venta. Este dato se puede obtener por diversas pruebas de muestreo como lo menciona Ricardo Alfredo medina en el libro de sistemas de costos.

1.2 Planteamiento del Problema

La creciente explotación de los bancos de materiales de buena calidad, junto al alto costo que ocasiona el transportar estos agregados desde bancos de materiales al punto de concentración, ocasiona grandes costos, siendo este un factor considerado en el momento de realizar un presupuesto o un análisis de los precios unitarios, esto como consecuencia de la crisis energética que presenta México que es estar en constante aumento los derivados del petróleo como lo es el diesel, que es generalmente utilizado en los motores de maquinaria pesada como la que se debe utilizar en este tipo de trabajos, genera aprobación o desaprobación de un proyecto de abastecimiento de materiales pétreos.

Así mismo una de las preocupaciones de los inversionistas a explotar un banco de material es si es redituable o no, es decir si abra ganancias, ya que el minado de un banco de material genera grandes costos en equipo y acarreos así como también grandes comisiones por parte del gobierno así como estudios de impacto ambiental y permisos para explotación del suelo nacional, por lo tanto es de gran importancia saber si el banco de material es redituable.

Este proyecto surge de la necesidad de habilitar una sección de bancos aledaños al río yaqui de áreas explotadas y determinar su potencial en volumen de gravas y arenas que contiene.

Pregunta problema

¿Es redituable explotar los bancos de material de grava y arena del km 9, el pueblito, municipio de Cajeme, Son.

1.3 Objetivo

Realizar un estudio de los volúmenes de gravas y arenas en un banco de material, para establecer las cantidades de dicho material.

Esto llevará a la toma de decisión de explotación de un banco de material.

- Aplicar el método de análisis granulométrico para poder determinar de manera adecuada la distribución de las partículas del banco.
- Dibujar e interpretar la curva granulométrica.
- Verificar si el material grava, arena puede ser utilizado en la construcción.

1.4 Justificación

Los materiales de agregados como la grava y arena, son producto de procesos de meteorización y después de acarreos aluviales se depositan en cauces de ríos, la sedimentación que origina estos depósitos de materiales puede generar acumulaciones estratificadas, convultos o de ambiente de turbidez, presentado de esta manera situaciones que se deberán enfrentar con estrategias de interpretación ingenieril diferentes y así de esta manera realizar estrategias acordes a las estructuras que permitan la extracción de los materiales sin provocar riesgos en los procesos de explotación Escogidos. Por medio de lo anterior podemos identificar la prevención ante posibles derrumbes y colapsos lo que beneficiaría a las empresas a evitar posibles accidentes por procesos erróneos al interpretar la estratigrafía y estructura del depósito.

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de proporcionar datos de volúmenes de grava y arenas de un banco de material.

Por medio de esta prueba se pretende demostrar si el banco de material será redituable y explotar adecuadamente para su comercialización así evitar gastos innecesarios en el proceso de la venta de los materiales.

De acuerdo a la cercanía de los banco a cd. Obregón, se establece una distancia de acarreo aceptable para su costo de venta y esto beneficia a las empresas constructoras y a los propietarios del banco, así como directamente a los habitantes del pueblito, ya que se formaría área de trabajo.

1.5 Limitaciones

No se cuenta con recurso económico suficiente para las visitas al área de investigación.
No se cuenta con vehículo propio para realizar los muestreos necesarios.

1.6 Delimitaciones

Solo se hará un trabajo en los bancos del km 9.

II. MARCO TEORICO

A continuación en este capítulo presentaremos la fundamentación teórica de este trabajo de investigación, dando así, una introducción y una idea más clara sobre los conceptos y términos que serán de mayor relevancia durante toda la investigación. Es importante que el lector se familiarice con conceptos como granulometría, curvas granulométricas, gravas, arenas y banco de materiales.

2.1 banco de materiales

Como menciona (Badillo & Rodriguez, 1969), "se entiende por banco de materiales aquel lugar previamente estudiado y que está constituido por roca o

material granular sea arena, arcilla, grava, etc. susceptible de ser utilizado en la construcción.

• El sitio de obra a veces está condicionado por la cercanía de los bancos de material

• Además, se debe tomar en cuenta la cantidad y la calidad

• A veces es necesario construir caminos de acceso al sitio de explotación

• Esto influye en el costo de la obra.

Al buscar explotar un banco de material la empresa contara con una persona responsable de garantizarle el éxito del trabajo y de ser factible antes de iniciar cualquier excavación que genere algún costo innecesario en algún sitio, la responsabilidad de la persona o departamento asignado a la tarea de encontrar material para la comercialización o uso particular en la obra son las siguientes:

• Localización de los bancos

• Determinar la forma

• Estimar la cantidad

• Determinar la calidad

• Establecer la uniformidad

• Recomendar el método de explotación

• Estimar la distancia de transporte”

Desde hace muchos años la detección de bancos de materiales depende de métodos exploratorios comunes, desde la simple observación del terreno hasta el empleo de pozos de cielo abierto, posteadoras, barrenos y aun de maquinas perforadoras.

Un punto fundamental en la determinación de bancos de materiales es la valuación de las rocas o suelos contenidos, la que suele ser muy difícil de establecer en forma cuantitativa. En cuanto a la roca 2 puntos principales deben merecer atención.

- Cambios físicos de la roca puede sufrir por fragmentación durante la extracción, por manejo o por la colocación.
- A la alteración físico/químico que pueda tener durante la vida útil de la obra.

2.2 Granulometría

Se interpreta a la granulometría como la propiedad que tienen los suelos de mostrar diferentes tamaños en su composición (Badillo & Rodriguez, 1969).

Tabla 1. *Granulometría nos muestra las escalas en mm*

2.0 0.6 0.2 0.06 0.02 0.006 0.002 0.0006 0.0002

Gruesa	Media	Final	Grueso	Medio	Fino	Gruesa	Media	Fina Coloides
Arena			Limo			Arcilla		

2.2.1 Análisis granulométrico

(J. Badillo y R. Rodríguez 1969). Mencionan que es la determinación de los tamaños de las partículas de una cantidad de muestra de suelo, y aunque no es de utilidad por sí solo, se emplea junto con otras propiedades del suelo para clasificarlo, a la vez que nos auxilia para la realización de otros ensayos. En los

suelos granulares nos da una idea de su permeabilidad y en general de su comportamiento ingenieril, no así en suelos cohesivos donde este comportamiento depende más de la historia geológica del suelo.

2.2.2 Curvas Granulométricas

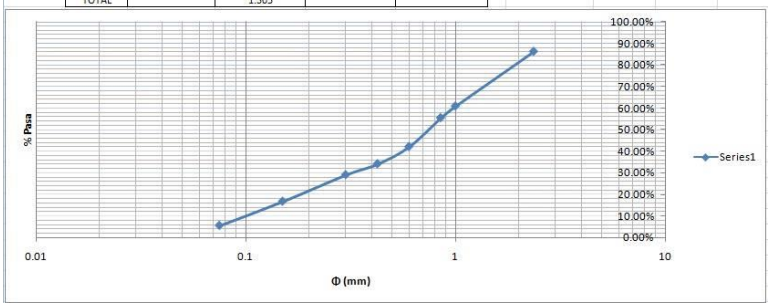
(Terzaghi y Peck 1963), indican que las curvas granulométricas son una representación gráfica de los resultados obtenidos en un laboratorio (tabla 2) cuando se analiza la estructura del suelo desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo forman.

Para este análisis se utilizan dos procedimientos en forma combinada, las partículas mayores se separan por medio de tamices con aberturas de malla estandarizadas, y luego se pesan las cantidades que han sido retenidas en cada tamiz. Las partículas menores se separan por el método hidrométrico

Tabla 2. *Curva granulométrica ejemplo de curvas granulométricas de Terzaghi y Peck, 1963)*

Φ (mm)	malla usada	Peso ret+Tara(Kg)	peso retenido	% ret. Individual	% pasa acumulado
2.36	8	0.58	0.19	13.77%	86.23%
1	16	0.74	0.35	25.36%	60.87%
0.85	20	0.465	0.075	5.43%	55.43%
0.6	30	0.575	0.185	13.41%	42.03%
0.425	40	0.5	0.11	7.97%	34.06%
0.3	50	0.46	0.07	5.07%	28.99%
0.15	100	0.56	0.17	12.32%	16.67%
0.075	200	0.545	0.155	11.23%	5.43%
	TOTAL		1.305		

tara Nº	11
Wss+t (Kg)	1.77
Wt (Kg)	0.39
Wss retenido(Kg)	1.38
Wss pasa(Kg)	0.075



2.2.3 Arenas

(Theodoris, Marina (2003))

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas, en geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0.063 y 2 milímetros.

Arena Gruesa**:** Conjunto de partículas desagregadas de las rocas y acumuladas en la orilla del mar, ríos o en capas de los terrenos de acarreo.

Arena Fina**:** es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son retenidos por otro de 0.25mm, material inerte utilizado para estucos.

La arena se utiliza para fabricar cristal por sus propiedades, tales como, extraordinaria dureza y alto punto de fusión, y junto con la grava y el cemento es uno de los componentes básicos del concreto.

2.2.4 Arcillas

Las arcillas están constituidas básicamente por silicatos de aluminio hidratados, estos minerales tienen, casi siempre, una estructura cristalina definida cuyos átomos se disponen en láminas. Existen dos variedades de tales láminas: la silícica y la lumínica. (G. HUERTOS, E. y GONZALEZ, 1990).

Las arcillas primarias las hallamos en los lugares en los que se encuentran las rocas de las que proceden. Siendo sus principales características las de ser: de color blanco o tirando al gris, poco plásticas y muy puras por lo que no son muy útiles, en su estado primario, para el ceramista. Sus principales yacimientos europeos se encuentran en Cornwall en Inglaterra, Meissen en Alemania y Limoges en Francia y en EE.UU. los de Georgia, Alabama y Carolina del Sur.

Las arcillas secundarias son las que se han formado a lo largo de los años separándose de las rocas de origen y sedimentándose, en ocasiones a unas distancias considerables. Sus características principales son: tienen colores muy diversos, según su composición, desde el rojo al negro, pasando por el amarillo y el gris; en contra de las arcillas primarias, éstas, resultan muy plásticas por lo que resultan fáciles de trabajar y es con la que la mayoría de los ceramistas están identificados y familiarizados. También se les conoce con el nombre de margas.

2.3 Suelo

Según (Karl Terzaghi/1963) está constituido por infinidad de partículas y la variedad en el tamaño de estas es ilimitada. Cuando se comenzaron las investigaciones sobre las propiedades de los suelos se creyó que sus propiedades mecánicas dependían directamente de esta distribución en tamaños. Sin embargo, hoy sabemos que es muy difícil deducir con certeza las propiedades mecánicas de los suelos a partir de su distribución granulométrica.

2.3.1 Ventajas y Desventajas

La compactación del suelo ofrece las siguientes ventajas:

- Aumenta la resistencia y capacidad de soporte del suelo.
- Reduce los asentamientos del terreno debido a la disminución de la relación de vacíos.
- Reduce la permeabilidad del suelo, el escurrimiento y la penetración del agua.
- Reduce el efecto de contracción del suelo.
- Mejora las condiciones de esfuerzo-deformación del suelo.

Las desventajas son las siguientes:

- La compactación muy intensa produce un material muy susceptible al agrietamiento.
- Aumenta el potencial de hinchamiento (con la humedad) en suelos finos y el potencial de expansión por heladas.

2.4 Muestreo

Considerando (jean-L. salager 1967) establece que es la actividad de campo, que consiste en la obtención de una o varias porciones de los materiales, con los cuales se pretende construir una estructura, procediendo de tal manera que las características que permitan hacer una evaluación lo más real posible, del conjunto que representan.

III. MÉTODO

La elaboración de este proyecto de investigación tiene como finalidad realizar una prueba de laboratorio que nos muestre y verifique si el banco que analizamos puede ser utilizado para construcción, haciendo los cálculos pertinentes de las volumetrías y determinado sus acarreos desde el km 9 hasta Ciudad Obregón.

3.1 Materiales y equipo

Para llevar a cabo la investigación se realizaron varias pruebas en el laboratorio, elaboradas específicamente como lo marcan las normas de la secretaría de

comunicaciones y transportes (SCT), en la presente tabla se muestran cada uno de los materiales utilizados para cada prueba, así como el equipo que se empleo.

Tabla 3.*En esta tabla se muestra el material que utilizaremos para realizar la prueba granulometrica*

PRUEBA	MATERIAL	EQUIPO
Granulometría del material pétreo. (AASHTO T 88 ASTM D 422)	Agregados naturales extraídos del banco.	1. Juego de mallas desde la número 2 a la 200 2. Balanza 3. Balanza de precisión 4. Charola rectangular 5.Charola circular 6. Cucharon

3.2 Sujetos

La presente investigación fue elaborada por alumnos de departamento de ingeniería a civil como parte de su trabajo de tesis auxiliado por asesor, maestro investigador del departamento de ingeniería civil.

Se dio a la tarea de buscar investigar un banco de material co0n el fin de detectar depósitos de gravas arenas. Y se seleccionó el área del pueblito, Km.9, Esperanza Hornos.

3.3 Tipo de investigación

El tiempo de investigación que se presenta es cuantitativa lo más específicamente en forma numérica en cuanto los alcances son de tipo exploratorio ya que esta

investigación analiza un tema de aplicación en el campo y en el cual se obtiene la información necesaria de cada banco en análisis, por la diversidad geológica de los terrenos de los cauces de ríos.

En lo que respecta al diseño de investigación esta no es experimental por qué no se movieron las variables en este tipo de investigación se observa los fenómenos tal y como se dan en lo naturaleza

3.4 Procedimiento

- Primero que nada nos dimos la tarea a investigar el lugar dando un recorrido por todos los alrededores del poblado, localizando un área de bancos de material donde pudiéramos obtener las muestras que necesitamos para la prueba.
- Se realizó un muestreo longitudinal al depósito sedimentario, siguiendo la estratigrafía del lugar y se obtuvieron 3 muestras representativas de pozos a cielo abierto.
- Se laboraron las pruebas de laboratorio de cada una de las muestras, de acuerdo a norma (AASHTO T 88 ASTM D 422)

Pasos de la norma que requiere para la granulometría

Fracción gruesa

- Separar la porción de la muestra retenida en los tamices dependiendo el tipo de muestra o de especificaciones del material del ensaye.

- Seleccionar los tamices de tamaño adecuado para cumplir con la especificación del material que se va ensayar.
- Efectuar las operaciones a mano o por medio de un tamizador mecánico durante un periodo adecuado. En la operación de tamizado manuela se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro.
- Cuando se utilice un tamizador mecánico se pondrá a funcionar durante 10 min aproximadamente.
- Se determina el peso de la muestra retenida en cada tamiz.
- La suma de los pesos retenidos de todos los tamices y el peso inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.

FRACCION FINA

- Se hará por tamizado o sedimentación según las características de la muestra y la información requerida.
- Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones se desintegran con facilidad, se podrá realizar en seco.
- Los materiales arcillosos y limosos cuyos terrones en estado seco o se desintegran con facilidad, se podrá realizar el ensayo por la vía húmeda.
- Análisis por lavado sobre el tamiz (200).
- Mediante cuarteo toma una muestra representativa.
- Colocar la muestra adecuada y dejar en remojo hasta que los terrones se ablanden.
- Se lava la muestra sobre el tamiz (200).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN

La prueba a realizar empezó en el km 9 el equipo requerido para el muestreo fue; pala, cubetas, GPS, cinta métrica se identificaron puntos base para realizar el muestreo de acuerdo a perfil longitudinal de depósito de materiales que nos las llevamos a estudiar al laboratorio lv-800 de Ingeniería Civil una prueba granulométrica.

Se muestran los resultados obtenidos en laboratorio de la prueba granulométrica: en cada uno de las 3 muestras para la obtención de las volumetrías que nos indican la cantidades de los estratos analizados, a continuación se muestran los resultados.

4.1 Resultados de prueba de la prueba granulométrica

A continuación se muestran imágenes del proceso de la prueba granulométrica

Figura 2 *equipo requerido para la prueba granulométrica, tamices, bascula, charola, bascula de precisión, cucharon, cubetas.*

Figura 3 *pesado de muestras*

Figura 4 *prueba en tamices*

Figura 5 *cribado manual del material*

Figura 6 *obtencion de grava*

Figura 7 *peso de la tara*

Foto 8 *resultados de la grava*

Figura 9 *pesado de la grava*

Figura 10 *tamices para la arena*

Figura 11 *obtencion de arena*

Figura 12 *obtencion de limos y arcilla*

De la figura 2 a la figura 6, se inicio la prueba granulométrica cribando el material para la obtención de los pesos retenidos de la grava.

De la figura 7 a la figura 12 fue la obtención de los pesos retenidos de las arenas.

Coeficientes

Coeficiente de uniformidad (Cu)= se utiliza para evaluar la uniformidad del tamaño de las partículas de un suelo. Se expresa como la relación entre D_{60} y D_{10}.

Coeficiente de curvatura (Cc) = $(D_{30})^2 / (D_{60} \cdot D_{10})$

Siendo D_x la abertura del tamiz por el que pasa el x% de la muestra.

Este coeficiente refleja la curvatura de la curva granulométrica. Los suelos bien graduados tienen valores de este coeficiente comprendidos entre 1 y 3.

4.2.1 Procedimiento

Muestra 1

Tabla 4. *Muestra los porcentajes que pasan en gravas*

No. Tamiz	Diámetro (mm)	peso retenido (gr)	porcentaje acumulado (%)	porcentaje que pasa (%)
1 ½	37.5	785	19.63%	80.38%
1	25	578	14.45%	65.93%
¾	19	194	4.85%	61.08%
½	12.5	346	8.65%	52.43%
3/8	9.5	182	4.55%	47.88%
¼	6.3	313	7.83%	40.05%
4	4.75	74	1.85%	38.20%
FONDO		1528	38.20%	
masa total		4000		

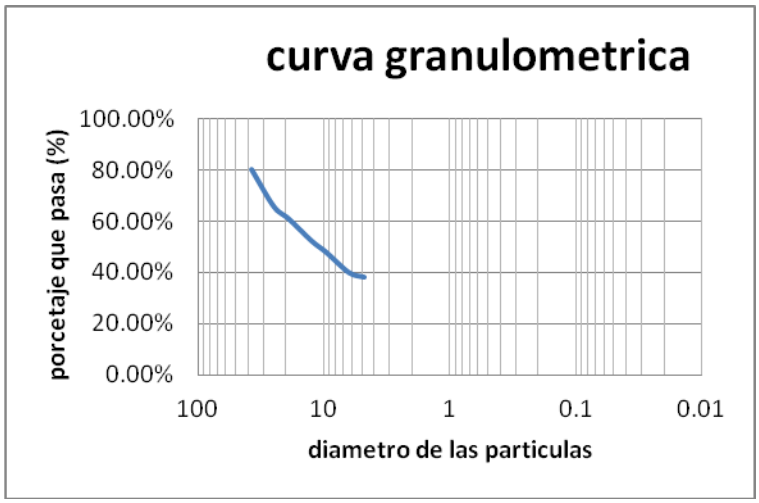


Figura 13 *curva granulométrica de las grava*

Tabla 5 *Muestra los porcentajes que pasan en arena*

No. Tamiz	Diámetro (mm)	peso retenido (gr)	porcentaje acumulado (%)	porcentaje que pasa (%)
10	2	69	23.00%	77.00%
20	0.85	76	25.33%	51.67%
40	0.425	124	41.33%	10.33%
60	0.25	20	6.67%	3.67%
100	0.15	3	1.00%	2.67%
200	0.075	2	0.67%	2.00%
FONDO		6	0.02	
masa total		300		

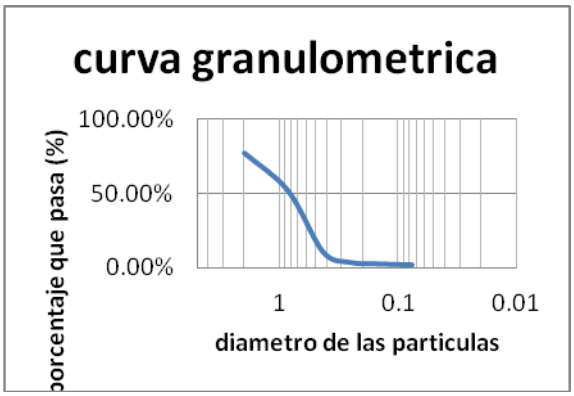


Figura 14 *curva granulométrica de las arenas*

Tabla 6 *se muestra el Cu, Cc y el D10, D30, D60 se determina de la curva granulométrica*

Cu=	2.43
Cc=	0.73
D10=	0.42
D30=	0.56
D60=	1.02

Muestra 2

Tabla 7. *Muestra los porcentajes que pasan en gravas*

No. Tamiz	Diametro (mm)	peso retenido (gr)	porcentaje acumulado (%)	porcentaje que pasa (%)
1 1/2	37.5	312	16.84%	83.162%
1	25	389	20.99%	62.169%
3/4	19	243	13.11%	49.056%
1/2	12.5	355	19.16%	29.897%
3/8	9.5	144	7.77%	22.126%
1/4	6.3	341	18.40%	3.724%
4	4.75	69	3.72%	0.000%
FONDO		2147	115.87%	
masa total		1853		

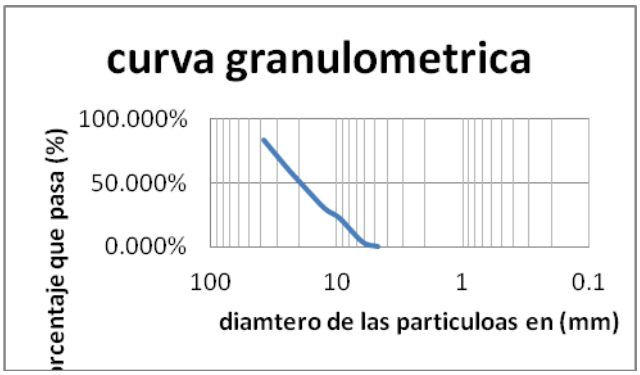


Figura 14 *curva granulométrica de las grava*

Tabla 8 *Muestra los porcentajes que pasan en arena*

No. Tamiz	Diámetro (mm)	peso retenido (gr)	porcentaje acumulado (%)	porcentaje que pasa (%)
10	2	104	34.90%	65.10%
20	0.85	69	23.15%	41.95%
40	0.425	89	29.87%	12.08%
60	0.25	27	9.06%	3.02%
100	0.15	5	1.68%	1.34%
200	0.075	4	1.34%	0.00%
FONDO		2	0.67%	
masa total		298		

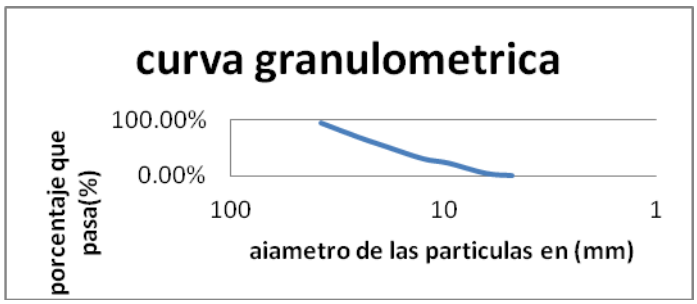


Figura 15 *curva granulométrica de las arenas*

Tabla 9 *se muestra el Cu, Cc y el D10, D30, D60 se determina de la curva granulométrica*

Cu=	3.38
Cc=	1.04
D10=	0.32
D30=	0.6
D60=	1.08

Muestra 3

Tabla 10. *Muestra los porcentajes que pasan en gravas*

No. Tamiz	Diámetro (mm)	peso retenido (gr)	porcentaje acumulado (%)	porcentaje que pasa (%)
1 1/2	37.5	114	6.42%	93.58%
1	25	449	25.30%	68.28%
3/4	19	272	15.32%	52.96%
1/2	12.5	403	22.70%	30.25%
3/8	9.5	139	7.83%	22.42%
1/4	6.3	325	18.31%	4.11%
4	4.75	73	4.11%	0.00%
FONDO		2225	125.35%	
masa total		1775		

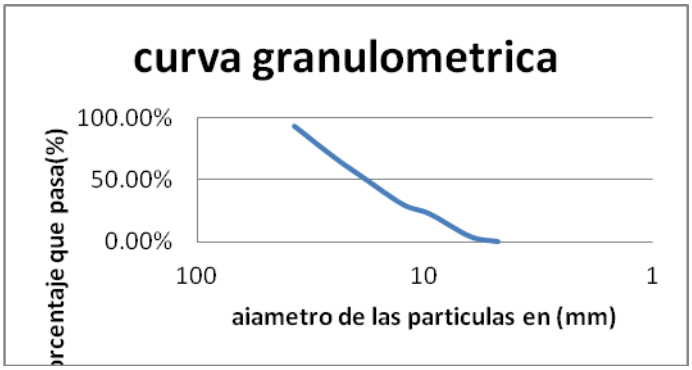


Figura 16 *curva granulométrica de las grava*

Tabla 11. *Muestra los porcentajes que pasan en arenas*

No. Tamiz	Diámetro (mm)	peso retenido (gr)	porcentaje acumulado (%)	porcentaje que pasa (%)
10	2	102	34.23%	65.77%
20	0.85	82	27.52%	38.26%
40	0.425	64	21.48%	16.78%
60	0.25	39	13.09%	3.69%
100	0.15	7	2.35%	1.34%
200	0.075	4	1.34%	0.00%
FONDO		2	0.67%	
masa total		298		

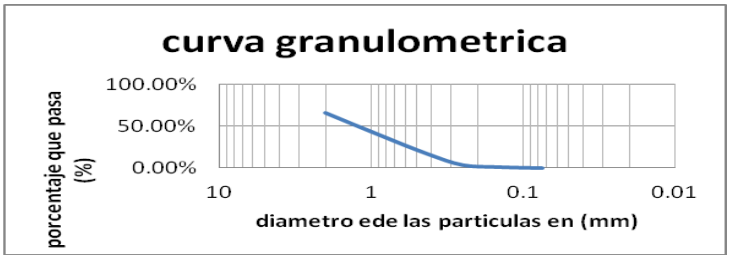


Figura 16*curva granulométrica de las arena*

Tabla 12 *se muestra el Cu, Cc y el D10, D30, D60 se determina de la curva granulométrica*

Cu=	1.66
Cc=	1.07
D10=	0.24
D30=	0.7
D60=	1.9

4.2.2 Coordenadas del polígono

Figura 17 *para encontrar las coordenadas de el banco de material que explotamos utilizamos el google earth*

puntos	Este	Norte
1	607507.66	3059521.18
2	607604.48	3059556.08
3	607708.12	3059426.1
4	607739.39	3059403.76
5	607754.04	3059376.26
6	607742.28	3059350.72
7	607693.37	3059351.96
8	607645.11	3059337.75
9	607629.95	3059297.87
10	607596.48	3059300.23
11	607565.12	3059270
12	607536.84	3059294.45
13	607539.08	3059329.34
14	607526.35	3059367.43
15	607559.43	3059380.01
16	607577.67	3059411.73
17	607552.82	3059429.89
18	607512.91	3059428.67
19	607492.32	3059472.22

El area encontrada en el poligono del material de banco que explotamos es de

38781.4698

El perimetro es de

940.7058

El volumen es

V=38781.4698*6m=38781.4698

En la siguiente tabla se muestra pesos, volúmenes y promedio del material de muestreo

Tabla 13 *pesos y porcentajes de las gravas y arenas que pasaron por los tamices*

muestra	peso de la muestra en gramos (g)	peso general de las gravas en (g)	peso general de arenas y finos en (g)	Porcentaje de gravas presentes en la muestra (%)	Porcentaje de arenas presentes en la muestra (%)
1	4000	2472	1528	61.80%	38.20%
2	4000	1853	2147	46.33%	53.68%
3	4000	1775	2225	44.38%	55.63%

muestra	volumen de la cubeta en (cm3)	volumen de gravas presentes en la muestra en (cm3)	volumen de arenas presentes en la muestra en (cm3)
1	26173.75	161.753775	26011.99623
2	26173.75	121.2498969	26052.5001
3	26173.75	116.1460156	26057.60398

Tabla 14 *solo utilizamos el volumen de grav y arena*

muestra	peso de la muestra en gramos (g)	peso general de las gravas en (g)	peso general de arenas y finos en (g)	Porcentaje de gravas presentes en la muestra (%)	Porcentaje de arenas presentes en la muestra (%)
1	4000	2472	1528	61.80%	38.20%
2	4000	1853	2147	46.33%	53.68%
3	4000	1775	2225	44.38%	55.63%

Muestra	vulumen de la cubeta en (cm3)	volumen de gravas presentes en la muestra en (cm3)	volumen de arenas presentes en la muestra en (cm3)	volumen de grava promedio en (cm3)	volumen de arena promedio en (cm3)
1	26173.75	16175.3775	9998.3725	13304.98958	12868.76042
2	26173.75	12124.98969	14048.76031		
3	26173.75	11614.60156	14559.14844		

Tabla 15 *peso retenido en las mallas 1,3/4,1/2 son las que requerimos para la construcion*

muestra	peso total retenido por las mallas (1'',3/4'',1/2'') en (g)	peso promedio retenido por las mallas (1'',3/4'',1/2'') en (g)	porcentaje de gravas de (1'',3/4'',1/2'') presentes en la muestra (%)
1	1118	1076.33	26.91%
2	987		
3	1124		

Area en (m2)	Perimetro en (m)	profundidad del estrato en (m)	volumen de la capa estudiada en (m3)
38781.4	940.71	6	232688.8

volumen de grava en el Banco en (m3)	volumen de arena en el Banco en (m3)	volumen de grava de (1'',3/4'',1/2'')precente en la muestra en (m3)	volumen general de las otras gravas en (m3)
118283.4	114405.3	62612.68	55670.8

Tabla 16 *numero de camiones que nesesitamos de acarreo para las mallas 1,3/4, 1/2*

	volumen de grava en el Banco en (m3)	volumen de arena en el Banco en (m3)	capacidad de carga de acarreo del camión en (m3)	volumen de grava de (1'',3/4'',1/2'')presente en la muestra en (m3)	volumen general de las otras gravas en (m3)
num de camiones	19713.91392	19067.55608	6	10435.44722	9278.466698

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se muestran las conclusiones y recomendaciones a las cuales se llegó a través de las investigaciones y pruebas realizadas en este trabajo.

5.1 Conclusiones

En el presente estudio se obtuvieron tres muestras, para hacer su análisis granulométrico, así como también sus curvas granulométricas que indican de manera gráfica la distribución de las partículas encontradas de grava, arena. la información de las tablas correspondientes que se obtuvieron para el banco de material, cuenta con una diversidad de partículas que en lo general se interpretan

como 50.14% y 49.86 % en gravas y arenas en lo que respecta a las arenas se cuenta con un 2 % en finos (limos y arcillas).

En lo que representan a las gravas en la primera muestra tenemos grandes pesos retenidos desde la malla 1 ½ a las malla ¼ y lo que es bueno en material para base y sub-base en terracerías en la muestra 2 la mayoría del retenido quedo entre las mallas 1 y ¼ , en la muestra 3 tuvimos que la mayoría se retuvo entre las mallas 1 y ¼ , en lo que respecta a estos resultados de las muestras se obtuvo en promedio para poder concluir que el banco tuvo un buen aprovechamiento en cuanto a roca base y a roca sub base ya que sus pesos retenidos así los indican.

En cuanto a las arenas el material que paso la malla 4, tenemos que la mayoría del material se retuvo entre la malla 10 y la 40, esto nos dice que tenemos granos de buen tamaño a pesar que las mallas 60,100 siguen siendo de las arenas no nos sirven de mucho ya que son partículas de diámetros muy pequeños y poco resistentes y en esta investigación los incluimos como finos junto con los limos y arcillas.

Al contar con un 50 y 50 % en gravas y arenas podemos concluir que el potencial en el banco kilómetro 9 es bueno para ser aprovechado por su buena homogeneidad.

Con el volumen obtenido en gravas y arenas dando 118283.4 m3 en grava y 114405.3 m3 en arenas, se concluye que el banco de materiales es redituable ya que cuenta con mucho potencial explotable.

5.2 Recomendaciones

Para que se vuelva más eficaz el trabajo para el próximo a realizar estas pruebas, es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

- Para mayor certeza en el análisis se recomienda tomar más muestras para que se obtengan valores más certeros.
- El método es muy práctico por lo que se recomienda elaborarlo y tener conocimientos previos acerca de estos estudios como la geología y mecánica de suelos.

BIBLIOGRAFÍA

G. Huertos, E. y Gonzales, 1990 estudio geológico y valoración de impacto ambiental editorial Kronos

http://books.google.es/books?id=eQWTXEnSgVIC&pg=PA92&dq=G.+HUERTOS,+E.+y+GONZALEZ,&hl=es&sa=X&ei=T6CsU6boOoqHogTavIKwAw&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q=G.%20HUERTOS%2C%20E.%20y%20GONZALEZ%2C&f=false

Badillo J. y Rodriguez R. (1969). Mecánica de suelos. Editorial Limusa S.A de C.V. México.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez 1969, mecánica de suelos editorial editorial Limusa S.A de C.V. Grupo Noriega editores.

http://books.google.es/books?id=3OPOaDHQC8wC&printsec=frontcover&dq=J.+Badillo+y+R.+Rodr%C3%ADguez+1969&hl=es&sa=X&ei=daKsU-SNKcHxoATex4CgCA&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q=J.%20Badillo%20y%20R.%20Rodr%C3%ADguez%201969&f=false

Theodoris, Marina 2003 Aprovechamiento de los suelos y sus características editorial Pegasus S.A

http://books.google.es/books?id=4CrpzRJCbckC&pg=PA295&dq=Theodoris,+Marina+2003&hl=es&sa=X&ei=qqasU9LWD4vqoATVqoCIDQ&ved=0CCQQ6AEwAA#v=onepage&q=Theodoris%2C%20Marina%202003&f=false

jean-L. salager 1967 Suelos, tipos y usos editorial Universidad de los Andes, Facultad de Ingenieria.

http://books.google.es/books?id=YVVcygAACAAJ&dq=jean-L.+salager&hl=es&sa=X&ei=IKisU_WZI4TroATCloHQAg&ved=0CCQQ6AEwAA

Rico Rodríguez, H. del Castillo 2001, Ingenieria de suelos en vías terrestres, editorial Limusa.

http://books.google.es/books?id=rU_pA257zUEC&pg=PA275&dq=Rico+Rodr%C3%ADguez,+H.+del+Castillo&hl=es&sa=X&ei=h6msU7HxJI3uoAT85YD4CQ&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q=Rico%20Rodr%C3%ADguez%2C%20H.%20del%20Castillo&f=false

Direcciones electrónicas consultadas:

http://www.fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_DE_LAB_MEC_DE_SUELOS_I.pdf

http://www.buenastareas.com/ensayos/Mecanica-De-Suelos-Cuartear-Una-Muestra/1649201.html

http://imipcajeme.org/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=37&Itemid=193

http://es.wikipedia.org/wiki/Porosidad_del_suelo

http://books.google.com.mx/books?id=3OPOaDHQC8wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

http://www. apuntesingenierocivil.blogspot.com

http://books.google.com.mx/books/about/Mec%C3%A1nica_de_suelos_en_la_ingenier%C3%ADa_pr.html?id=TzVHAQAAIAAJ

http://books.google.com.mx/books/about/Mec%C3%A1nica_de_suelos.html?id=3OPOaDHQC8wC

ANEXO

ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (AASHTO T 88 ASTM D 422)

1. OBJETO

1.1 El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de
la distribución de tamaños de partículas de suelo.

1.2 Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo
que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo.

2. EQUIPO

2.1 Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 2 mm (No.10). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 2 mm (No.10).

2.2 Tamices de malla cuadrada :

1 1/2
1
3/4
1/2

3/8
1/4
4
10
20
40
60
100
200

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie
estará integrada por los siguientes:

2.3 Horno, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de
110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.4 Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.

2.5 Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.
E - 123 - 2
3. MUESTRA

3.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de

ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se
puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción
húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola
entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza
bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices, se puede efectuar
sin previo lavado.

3.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico Norma INV E-106, la cual
estará constituida por dos fracciones: Una retenida sobre el tamiz de 2 mm (No.10) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayarán por separado.

3.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se
indica en la Norma INV E-106, será suficiente para las cantidades requeridas
para el análisis mecánico, como sigue:

- Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 2 mm (No.10) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla No.1.

TABLA No.1

Diámetro Nominal de las
partículas más grandes mm
(pulg)
Peso mínimo aproximado de
la porción
Gramos, g
9.5 (3/8”)
19.0 (¾”)
25.0 (1”)
37.5 (1 ½”)
50.0 (2”)
75.0 (3”)
500
1000
2000
3000
4000
5000

- El tamaño de la porción que pasa tamiz de 2 mm (No.10) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos, y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

3.4 En la Norma INV E-106, se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del E - 123 - 3
suelo sobre el Tamiz de 2 mm (No.10) por medio del tamizado en seco, y para el

lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz.
De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el Tamiz de 2 mm (No.10), pueden calcularse de acuerdo con el numeral 6.1.

- Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el Tamiz de 2 mm (No.10) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el Tamiz de 2 mm (No.10).

4. ANALISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCION RETENIDA EN EL TAMIZ DE 2.00 mm (No.10)

4.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 2 mm (No.10) en
una serie de fracciones usando los tamices de:
75 mm (3"), 50 mm (2"), 37.5 mm (1-l
2"), 25.0 mm (1"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm
(3/8"), 4.75 mm (No.4) y 2.00 mm (No.10), o los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o dependiendo de las especificaciones para el
material que se ensaya.

4.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga
en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que

la operación está terminada; esto se sabe cuando no pasa más del 1 % de la
parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apresadas en la malla, deben separarse
con un pincel o cepillo y reunirlas con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente; el resultado se puede verificar usando el método
manual.

4.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1 % La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso
inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %
E - 123 - 4
5 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

5.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 2 mm (No.10) se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la
muestra y según la información requerida.

- Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.

- Los materiales limo arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.

- Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 75 µm (No.200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Norma de Ensayo INV E-124.

- Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.

- La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 75 µm (No.200) se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 75 µm (No.200)

5.2 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de
75 µm (No.200).

- Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.01 g.

- Humedad higroscópica.- Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 + 9 °F). Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.

- Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 75 µm (No.200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
E - 123 - 5
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una

temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se pesa.

- Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones 4.2 y 4.3

6. CALCULOS

6.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el Tamiz de 2
mm (No.10).

- Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No.10) dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el Tamiz de 2 mm (No.10).

- Para comprobar el peso total de suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4), se agrega al peso del material que pasa el tamiz de 2 mm (No.10), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4) y que queda retenida en el de 2 mm (No.10). Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9.5 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4.75 mm (No.4) el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9.5 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4.75 mm (No.4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

- Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa (sección 6.1.2) por el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

6.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 2 mm (No.10).

- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 75 µm (No.200) de la siguiente forma:

Peso total - Peso Ret. en el tamiz de 75 µm
% Pasa 75 µm = x100
Peso Total

- Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma: E - 123 - 6
Peso ret. en el tamiz
% Ret. = x 100
Peso Total

- Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

% Pasa = 100 - % Ret. acumulado

6.3 Porcentaje de humedad higroscópica.- La humedad higroscópica se considera como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se
seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente.

W - W1
% humedad higroscópica = x 100
W1
Donde:

W = Peso de suelo secado al aire
W1 = Peso de suelo secado en el horno

7. OBSERVACIONES

7.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.

- Los porcentajes retenidos y/o que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.

- Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica;
siendo esta última forma, la indicada cada vez que el análisis comprenda un ensayo completo de sedimentación.

Las pequeñas diferencias resultantes en el empate de las curvas obtenidas por
tamizado y por sedimento respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

7.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en
un análisis granulométrico por tamizado.
E - 123 - 7
- Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra

debe ser disgregada antes del tamizado.

- Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar esto las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.

- Los tamices han sido agitados por un periodo demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.

- La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.

- Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.

- Errores en las pesadas y en los cálculos.