Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UNIDAD DE INVESTIGACION

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ID. N° 102226621

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se la realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento de INFORME FINAL DE TESIS cuyo título es:

EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL ENCAUZAMIENTO Y DEFENSA DEL RIO AGUAS ABAJO DEL PUENTE DE OCUCAJE EN BENEFICIO DE LA POBLACIÓN DEL SECTOR LA BANDA, DISTRITO OCUCAJE – PROVINCIA DE ICA, REGIÓN ICA

presentado por:

ORE MAVILA, CESAR FERNANDO

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es de **17% de similitud**, por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según el Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 24 de agosto de 2023

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. SANTOS CHACALTANA VÁSQUEZ
DIRECTOR (I)

DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Civil

Evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente de Ocucaje en beneficio de la población del sector la banda, distrito Ocucaje – provincia de Ica, región Ica

Línea de investigación:

Recursos hídricos, riesgo de desastre y cambio climático

INFORME FINAL DE TESIS

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

BACH. ORE MAVILA, CESAR FERNANDO

Ica, Perú

2022

Dedicatoria

Mi tesis la dedico a mi familia, compuesta por mis padres César y Martha, mi hermano César Augusto y mi abuelita Ceferina. Los cuales siempre me apoyaron en mi carrera estudiantil, fueron la motivación y el soporte en toda mi vida.

Agradecimientos

Expreso mis más profundos y sinceros agradecimientos a mi Alma Mater, la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

A la Facultad de Ingeniería Civil (FIC -UNICA).

A mi asesor el Mg. Ing. Máximo Alejandro Crispín Gómez, por asesorarme.

A mis docentes y compañeros de estudios por ser el pilar de mi formación académica, a cada uno de ellos muchas gracias.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Registro de temperatura máxima y mínima 13
Tabla II Probabilidad de falla para una obra cuya vida útil es de 25 o 50 años para periodos de retorno de 50,100 y 500 años 16
Tabla III Valores de coeficiente β para el cálculo de la velocidad de erosión 42
Tabla IV Suelos cohesivos 42
Tabla V Momentos resistentes para la verificación por volteo 46

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Mapa Nacional y Departamental 7
Fig. 2. Mapa Provincia, Distrital y Zona de Estudio 8
Fig. 3. Levantamiento topográfico de la zona de estudio 11
Fig. 4. Probabilidad diaria de precipitación mensual en Ocucaje. 14
Fig. 5. Información meteorológica mensual 15
Fig. 6. Ubicación de calicatas 17
Fig. 7. Ubicación de calicata N° 01. 18
Fig. 8. Ubicación de calicata N° 02. 19
Fig. 9. Ubicación de calicata N° 03. 19
Fig. 10. Ensayo de corte directo 21
Fig. 11. Análisis Granulométrico 22
Fig. 12. Presentación grafica del Análisis Granulométrico 23
Fig. 13. Cuadro de ingreso de datos al software ACG. 25
Fig. 14. Cuadro de resultados de software ACG. 26
Fig. 15. Secciones de gaviones sometidas a esfuerzos. 28
Fig. 16. Fuerzas actuantes en la cuña de análisis. 29
Fig. 17. Caudal máximo anual 33
Fig. 18. Sección típica de muro de gaviones 36
Fig. 19. Sección para el estudio del efecto de erosión 40
Fig. 20. Sección típica de los muros de gaviones 44
Fig. 21. Sección típica de los muros de gaviones 45
Fig. 22. Vista del puente del sector la Banda – Ocucaje – Ica (margen izquierdo) 54
Fig. 23. Vista del puente del sector la Banda – Ocucaje – Ica (margen derecho) 55
Fig. 24. Levantamiento Topográfico. 56
Fig. 25. Equipo de Levantamiento topográfico (conformado por compañeros de la FIC) 57
Fig. 26. Análisis granulométrico 58
Fig. 27. Densidad in Situ – Método Cono de Arena 59
Fig. 28. Ensayo de Corte Directo 60
Fig. 29. Ensayo de Corte Directo 61
Fig. 30. Análisis granulométrico 62

RESUMEN

El objetivo principal es realizar el análisis de la situación actual es determinar la influencia de la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del rio aguas abajo del puente Ocucaje en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje – Ica.

Por lo tanto, se ha desarrollado una investigación cualitativa y en un nivel descriptivo y correlacional, con un diseño de investigación no experimental-transversal y es factible porque se tiene la disponibilidad logística, operativa, académica y económico para su ejecución, además de contar con la accesibilidad total a la zona de estudio.

Como principales resultados: Se llegó a determinar un caudal máximo de avenida en un periodo de retorno de 100 años de 593.52 m3/s, por el método estadístico de Gumbel, influyendo este caudal significativamente en el desborde del río Ica, en el tramo Puente Ocucaje – Sector La Banda.

Finalmente, confirmando la principal alternativa de solución de la investigación a ejecutarse. Se ha determinado que el sistema estructural de interposición de muro de gaviones previene y controla la socavación con posterior erosión de los taludes y márgenes del rio aguas abajo del sector La Banda – Ocucaje – Ica.

Los pobladores serán beneficiados notablemente recibiendo protección a las zonas de cultivo aledañas y satisfacer su necesidad mejorando su calidad de vida.

Palabras Clave: Análisis de la situación actual, protección, Mejora de la calidad de vida.

ABSTRACT

The main objective is to carry out the analysis of the current situation is to determine the influence of the evaluation and design of the channeling and defense of the river downstream of the Ocucaje bridge for the benefit of the population of the La Banda - Ocucaje - Ica sector.

Therefore, a qualitative investigation has been developed and at a descriptive and correlational level, with a non-experimental-transversal research design and it is feasible because there is logistical, operational, academic and economic availability for its execution, in addition to having Full accessibility to the study area.

As main results: A maximum flood flow in a 100-year return period of 593.52 m3/s was determined, by the Gumbel statistical method, this flow significantly influencing the overflow of the Ica River, in the Puente Ocucaje section. – La Banda sector.

Finally, confirming the main alternative solution of the investigation to be carried out. It has been determined that the structural system of interposition of the gabion wall prevents and controls scour with subsequent erosion of the slopes and banks of the river downstream of the La Banda - Ocucaje - Ica sector.

The residents will benefit significantly by receiving protection for the surrounding cultivation areas and satisfying their needs by improving their quality of life.

Keywords: Analysis of the current situation, protection, improvement of the quality of life.

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Antecedentes del problema

I.1.1 Antecedentes a nivel internacional

En 2018, M. Valenzuela [1] realizó un análisis ambiental de la gestión y uso del agua en la cuenca del río Huasco en la región de Atacama en Chile, utilizando métodos y conceptos de evaluación de impacto ambiental. Se evaluó el usó del agua considerando el uso adecuado, la subutilización y la sobreutilización del recurso hídrico. Se utilizó como guía la ley 19.300 y el reglamento SEIA DS 40/2013 y consideraciones técnicas necesarias para la evaluación. Se observó que todos los habitantes del valle se preocupan únicamente en la productividad de los cultivos, dejando de lado el uso adecuado y equitativo del agua, impactando en los ecosistemas acuáticos con presencia de especies en peligro de extinción.

I.1.2 Antecedentes a nivel nacional

En 2020, F. Maraví y L. Melchor [2] realizaron un análisis comparativo de defensas ribereñas con el fin de mitigar las inundaciones del río Ica. Para ello se analizaron las características topográficas y geológicas, se determinaron los parámetros hidrológicos e hidráulicos, se realizó una simulación del comportamiento del caudal del río y finalmente se diseñaron los elementos estructurales de las defensas ribereñas. Concluyeron que los análisis y las simulaciones sugieren una defensa ribereña de muro de gaviones, además de definir que el tramo desde el puente Santiago al puente Ocucaje posee un relieve relativamente suave. Además de que el relieve de la cuenca es accidentado, ocasionando que se formen materiales de sedimentos.

En 2021, A. Zeña y C. Santamaría [3] diseñaron una defensa ribereña mediante enrocado en los ríos Corral del Medio y La Gallega en el distrito de Morropón en Piura. Se determinó los parámetros geomorfológicos de la cuenca, la realización de los estudios topográficos y el diseño hidráulico del cauce y dique de protección. El estudio de suelos determinó que el suelo predominante es de tipo GP, SP y se obtuvo una predicción de la erosión de suelos en la cuenca, evidenciando que los ríos tienen una alta tasa de sedimentación que favorece al desborde de los ríos.

I.1.3 Antecedentes a nivel local

En 2022, Y. Huamani [4] determinó la influencia del cambio climático en la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Ica-Alto Pampas. Se aplicó el modelo hidrológico WEAP para determinar las variables climatológicas, los parámetros de humedad y los escenarios de emisión RCP 2.6 y 8.5 en un período de

40 años. Realizando los análisis correspondientes, se determinó que el cambio climático si influye en la disponibilidad del agua, con la disminución de los caudales para los escenarios de emisión en los períodos analizados.

I.2 Realidad problemática

Hasta la fecha, en la zona aguas abajo del puente del río Ocucaje ha colapsado la Estructura de defensa ribereña constituida por muros de concreto armado por efecto de la socavación y está puso en riesgo inminente ante las crecidas eventuales del río, perjudicando de esta manera a la población del sector La Banda sin oportunidad de proveerse de alimentos, agua, servicios de transporte, salud y satisfacer otras necesidades de primer orden.

Cabe precisar que el sistema actual del muro de contención, consta de enrocados para su protección ante eventuales avenidas, al pasar de los años este ha sufrido daños y alteraciones, lo cual ha generado riesgos de filtración de agua y el colapso del muro. Por lo que estas deficiencias incrementan considerablemente la vulnerabilidad de las áreas de cultivo y vías de transporte aledañas. Las condiciones meteorológicas y climatológicas, las evacuaciones de aguas domésticas y acumulación de desechos orgánicos son factores suficientes para que el muro actual no cumpla las condiciones y periodo de diseños asignados a la estructura y como consecuencia la población se vea afectada ante una inundación en la estación de verano en los próximos años.

Además, otro factor a tener muy en cuenta es la ubicación de los campos de cultivo en las márgenes del río, aguas abajo del puente Ocucaje, sector La Banda, cuyas zonas han sido evaluadas como de alto riesgo y vulnerables a los desastres naturales.

I.2.1 Problema general

¿En qué medida influye la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del rio aguas abajo del puente Ocucaje en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje - Ica?

I.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influye el nivel del colapso de la defensa ribereña en la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del rio aguas abajo del puente Ocucaje en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje - Ica?
- ¿En qué medida influye el nivel de la socavación por erosión en la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del rio aguas abajo del puente Ocucaje en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje - Ica?
- ¿Cómo influye el nivel de riesgo de colapso del puente con la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje – Ica?

- ¿En qué medida influye el nivel de riesgo de aislamiento de pobladores en la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del rio aguas abajo del puente Ocucaje en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje - Ica?

I.3 Justificación e importancia de la investigación

I.3.1 Justificación

Que la amenaza inminente a la población asentada aguas abajo del puente Ocucaje, ante la presencia de caudales de agua, piedras y lodos en dicha zona, así como para las vías de comunicación y para las estructuras de riego, por lo que se justifica su construcción.

Los trabajos propuestos para la reducción del riesgo de que la población del sector La Banda de Ocucaje, responden a la problemática existente actual en el mencionado sector que está comprendido entre las cotas 329.29 a 327.63 m.s.n.m. Este sistema de protección beneficiará a la población, generando oportunidades de aumentar y mejorar su producción agrícola, vitivinícola como también las ampliaciones y mejoramiento de vías terrestres de comunicación y al borde del río, construido con mayor seguridad y dirigido por personal capacitado en el rubro de construcción.

Todo esto se traduce en un crecimiento económico del distrito de Ocucaje.

I.3.2 Importancia

El incremento de la economía del distrito también será afectado positivamente a consecuencia de que las principales fuentes de sustento como es en este caso la agricultura en su totalidad, no se ven amenazadas por problema alguno ya sea el clima, los vientos y/o la crecida del Río Ocucaje.

I.4 Objetivo de investigación

I.4.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje – Ica.

I.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el grado de influencia del nivel de colapso en la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje.
- Establecer el grado de influencia de la socavación por erosión en la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje.
- Determinar el grado de influencia del riesgo de colapso del puente con la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje.

- Establecer el grado de influencia del nivel de reducción del riesgo de aislamiento de pobladores en la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje.

I.5 Hipótesis de la investigación

I.5.1 Hipótesis general

La evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del rio aguas abajo del puente Ocucaje, influye en el beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje – Ica.

I.5.2 Hipótesis específicas

- El nivel de colapso en la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje, influye en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje – Ica.
- El nivel de socavación por erosión en la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje, influye en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje – Ica.
- El nivel de riesgo de colapso del puente con la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje, influye en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje – Ica.
- El nivel de riesgo de aislamiento de pobladores en la evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje, influye en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje – Ica.

I.6 Contenido de capítulos

El presente estudio comprende ocho capítulos que se mencionan a continuación:

- ✓ Capítulo I – Introducción, este expresa de manera puntual el preámbulo y definiciones de nuestro proyecto a desarrollar, así como la problemática, objetivos, justificaciones y antecedentes necesarios.
- ✓ Capitulo II – Estrategia Metodológica, esta muestra el planeamiento metodológico, nos brinda detalladamente como fue realizada y los elementos utilizados en esta, así como los sujetos y grupos de asignación, instrumentos de medición y procedimientos.
- ✓ Capitulo III – Procedimiento de resultados, en este capítulo investigación comprende actividades para determinar los trabajos de campo y de laboratorio, de tal manera se llevó a cabo la visita a las instalaciones precarias existentes.
- ✓ Capitulo IV-Resultados, esta muestra de forma puntual y simple los resultados obtenidos, así como sus tablas, gráficos, imágenes y programas que se emplearon para su desarrollo, la justificación de porque se utilizaron; este capítulo muestra los datos

más importantes, ya nos ayudara a dar desenlace a la problemática y objetivos propuestos para así lograr corroborar las hipótesis planteadas.

- ✓ Capítulo V – Discusión, en este capítulo examinamos e interpretamos resultados, recalcando los aspectos cruciales del proyecto, insistiendo que no se debe repetir la información presentada.
- ✓ Capítulo V – Conclusiones, estas hacen referencia a los resultados que obtuvimos en el desarrollo de la tesis, estas van a la par de la cifra de objetivos presentados en la investigación.
- ✓ Capítulo VI – Recomendaciones, estas recomendaciones son desde la perspectiva del autor con respecto a su punto de vista, deben de estar directamente vinculadas con las conclusiones, siendo puntuales y resumidas.
- ✓ Capítulo VII – Referencias Bibliográficas, en esta parte de la tesis agrupamos todos nuestros orígenes de consulta empleados para este proyecto.
- ✓ Capítulo VIII – Anexos, en este capítulo final se colocarán fotos de la zona a desarrollar y documentación complementaria.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

II.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación

II.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que su principal cualidad se determina por el interés en la aplicación de conocimientos teóricos a una situación específica y las consecuencias prácticas que de ella deriva. La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar, su preocupación radica en la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal.

II.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es de nivel descriptivo, esto permitió recopilar información detallada sobre la configuración del río, las condiciones de la comunidad local y otros aspectos relevantes.

II.1.3 Diseño de la investigación

Se siguió un diseño no experimental, ya que no se manipularon las variables, además de que alterar el curso natural del río para realizar un experimento podría tener efectos negativos no deseados en el medio ambiente y en las comunidades locales.

II.2 Población y muestra materia de investigación

II.2.1 Población de estudio

Está conformado por la ribera del río del Ica que comprende zona denominado sector La Banda, del distrito de Ocucaje, provincia de Ica.

II.2.2 Muestra de estudio

Progresiva: 0 + 000 – 0 + 258 metros; se ha tomado en cuenta la técnica del muestreo no probabilístico. Este muestreo se ha realizado en base al conocimiento obtenido de la observación en campo, por lo que la muestra resulta del criterio de mi persona como investigador. Entonces la unidad de análisis se constituye por la socavación del puente Ocucaje y las franjas marginales en la ribera del río.

Las dimensiones de la muestra es el sector vulnerable a los factores mencionados como unidad de análisis en el tramo compuesto entre las progresivas: 0 + 040 – 0 + 160 metros afectada por la socavación con probabilidades de colapso ante una eventual avenida extraordinaria del caudal del río Ica.

II.3 Técnicas e instrumentos recolección de datos

II.3.1 Técnica de recolección de datos

Se indican las técnicas que se aplicaron en el desarrollo de la investigación:

- Observación de campo.
- Documentación.
- Revisión de la bibliografía.

II.3.2 Instrumentos de recolección de datos

Los principales instrumentos que se han aplicado en las técnicas de recolección son:

- Libreta de campo.
- Estación total.
- Material fotográfico.

II.4 Contexto de la investigación

El diseño utilizado en la presente investigación es de tipo descriptivo no experimental, en la cual se observa los fenómenos tal y como ocurren naturalmente sin intervenir en su desarrollo.

II.4.1 Ubicación geográfica

La zona estudiada se encuentra ubicada en el Sector de la Banda- Ocucaje, la que pertenece a la provincia de Ica.

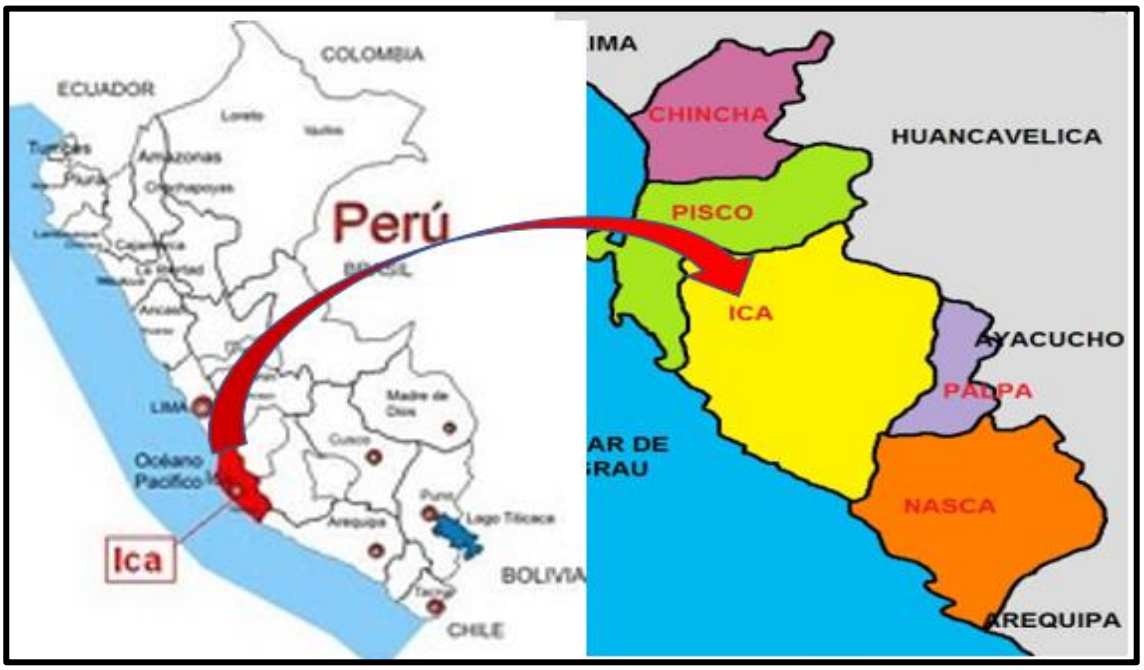


Fig. 1. Mapa Nacional y Departamental

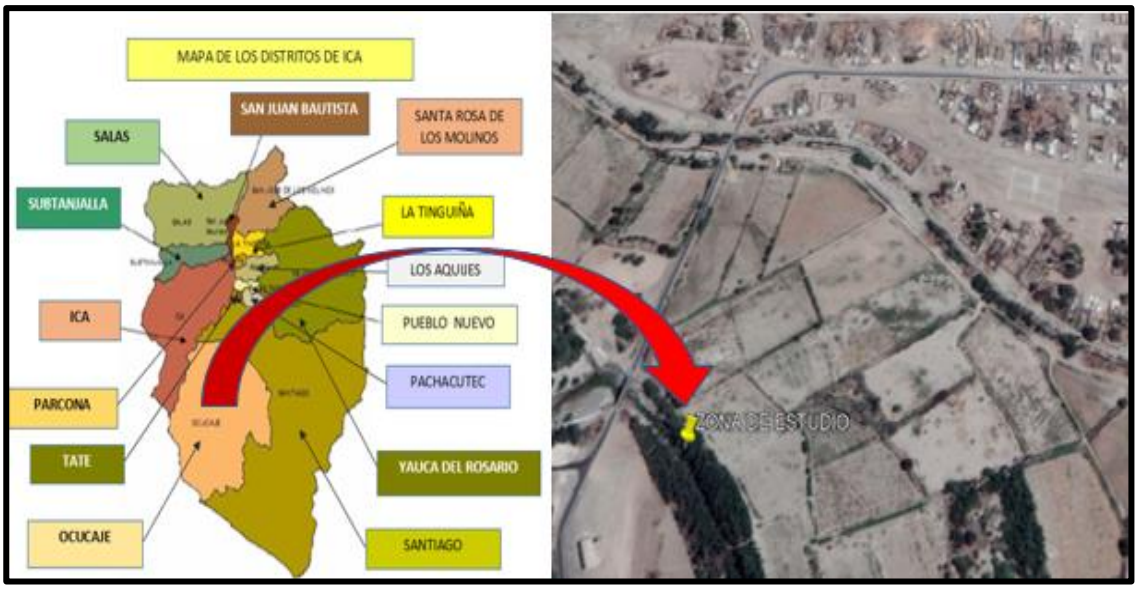


Fig. 2. Mapa Provincia, Distrital y Zona de Estudio

II.4.2 Delimitación espacial de la investigación

Se encuentra ubicado a una altitud de 325 m.s.n.m. con una latitud sur de 14°20’ 45” y una longitud oeste de 75°40’00”, situándose a una distancia de 28 km de la ciudad de Ica, entre las coordenadas:

X_1: 426117.991; Y_1: 8414291.183. y

X_2: 426347.678; Y_2: 8414212.015.

II.4.3 Delimitación temporal

Para este caso específico se ha considerado un período de diseño de 100 años, desde el año 2023 y el año 2123, en la que culmina el período de vida útil, 50 años dura el sistema estructural de muros de gaviones.

II.5 Procedimiento de la investigación

El estudio de la presente investigación comprende actividades para determinar los trabajos de campo y de laboratorio, de tal manera se llevó a cabo la visita a las instalaciones precarias existentes.

Ante lo expuesto se ha planificado desarrollar el estudio en un periodo de 4 meses calendarios, periodo que comprende los trabajos de campo, obtención de información respecto a fin de determinar las causas de la problemática de la estructura colapsada ya existente. Continuando con la investigación se analizará la información obtenida, además se realizará la búsqueda de información técnica relacionada al tema y se continuará con el desarrollo de la alternativa considerada y finalizando con la redacción del trabajo de la investigación.

II.5.1 Estudio estadístico poblacional

En general se ha de tener en cuenta a la población está conformada por los propietarios de los predios agrícolas colindantes y la población humana asentadas a lo largo del tramo correspondiente que se encuentren dentro del Sector la Banda.

La ejecución de la presente investigación tiene por población beneficiada, a los habitantes del sector La Banda, del distrito de Ocucaje, provincia de Ica.

Según los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI [5], del último censo peruano realizado en el año 2017, el distrito tiene una población de 4 392 habitantes, de los cuales una cantidad de 1 406 habitantes ocupa la zona urbana representando así un 32 % y la zona rural conforma el 68 % con 2 986 habitantes, teniendo una tasa inter censal de 2.07 %. Y específicamente el sector La Banda, perteneciente a la zona rural, cuenta con un total de 947 habitantes.

Los pobladores se dedican principalmente a la agricultura produciendo las mejores menestras como el pallar, frijol, garbanzo, maíz. Frutas como la uva, mangos e higos.

II.5.2 Estudio topográfico

La Zona de Estudio se encuentra ubicado en las coordenadas:

X_1: 426117.991; Y_1: 8414291.183.

X_2: 426347.678; Y_2: 8414212.015.

El relieve de la zona es de baja accidentabilidad, con pequeñas elevaciones de terreno que limitan extensas pampas y tablazos desérticos de arenas y rocas.

En particular el área de trabajo para el diseño de la obra de encauzamiento y defensa del río aguas abajo del puente Ocucaje cuenta con tramos abruptos ocasionado por la vegetación en el cauce del río y las piedras de canto rodado transportadas, la colmatación es un fenómeno presente en todo el cauce del sector, esto genera variaciones en las secciones del cauce e irregularidades en toda su longitud.

Desde el distrito de Ocucaje, el cauce del río presenta una suave pero gradual ampliación de encajonamiento y de la abertura en forma de V del valle, así como una paulatina boca del río, con cauce seco y de reducido ancho, lo que motiva la ausencia del cono de deyección y la deposición de sedimentos en el sector medio.

Se realizó un levantamiento de poligonal abierta, por lo tanto, los puntos de referencia fueron establecidos en lugares de fácil visibilidad y a distancias que dependen de la configuración del terreno. Asimismo, se ha observado en su recorrido las características hidráulicas se ven modificadas por la presencia de la zona rural, cuya descarga de desagüe de uso doméstico tienen como punto de evacuación el río. El perfil del mismo se ha determinado siguiendo el curso actual con la finalidad de determinar la progresiva y la respectiva altitud. La pendiente promedio de la zona de estudio es del 2%.

En las secciones transversales se ha notado que, en la mayoría de los tramos, la cota del lecho del río está casi al mismo nivel que los terrenos colindantes a razón de que aguas abajo del puente Ocucaje, el río se encuentra encauzado por volúmenes de relleno o terraplenes. El ancho de encauzamiento es insuficiente e incapaz para el transporte de caudales máximos haciendo que los desbordes afecten grandes extensiones de terreno agrícola y habitacional. En total son 7 secciones transversales diseñadas desde la progresiva 0 + 000.00 hasta 0 + 256.03 cada 50 metros.

Los puntos de referencia durante el levantamiento topográfico, en toda la longitud del cauce que comprende de la zona de estudio se ha ubicado en cada vértice de la poligonal de apoyo en ambas márgenes.

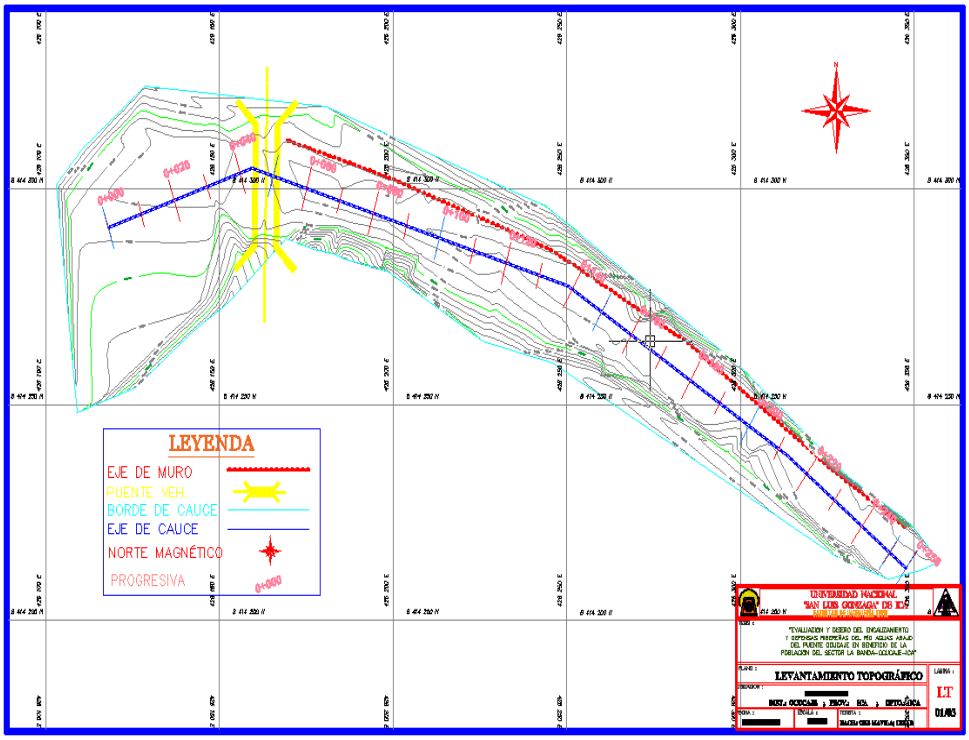


Fig. 3. Levantamiento topográfico de la zona de estudio

II.5.3 Estudio hidrológico

En la actualidad la hidrología tiene un papel muy importante en el planeamiento del uso de los recursos hidráulicos, y ha llegado a convertirse en parte fundamental de los proyectos de ingeniería que tienen que ver con suministro de agua, disposición de aguas servidas, drenaje, protección contra la acción de ríos y recreación. De otro lado, la integración de la hidrología con la geografía matemática en especial a través de los sistemas de información geográfica ha conducido al uso imprescindible del computador en el procesamiento de información existente y en la simulación de ocurrencia de eventos futuros.

El objetivo del estudio hidrológico es la determinación de caudales mediante el método de medición in-situ en épocas de máximas avenidas (noviembre-febrero).

Los resultados de los estudios hidrológicos serán usados en la realización de:

- El diseño de obras hidráulicas, para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que representan el comportamiento de toda la cuenca sustentada por la obra en cuestión.
- La operación optimizada del uso de los recursos hídricos en un sistema complejo de obras hidráulicas, sobre todo si son de usos múltiples. En este caso se utilizan generalmente modelos matemáticos conceptuales, y se procesan en tiempo real.

- El correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de como un río, arroyo, o de un lago es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a los eventos hidro-meteorológicos extremos.
- Prever un correcto diseño de infraestructura vial, como caminos, carreteras, ferrocarriles, etc.

Todo esto y muchas aplicaciones más hacen que el hidrólogo sea un personaje importante en todo equipo multidisciplinar que enfrenta problemas de ingeniería civil en general y problemas de carácter ambiental.

Con la información existente, se realizó visitas de reconocimiento preliminar a la zona en estudio, para tener mayor conocimiento *in situ* de la situación real en cuanto a daños, suelos, vegetación, características del cauce y ubicación de tramo vulnerable, es decir, se utilizó el método de observación directa como primer paso.

Podemos afirmar particularmente con respecto a la zona de estudio que En la costa peruana el río Ica-Ocucaje tiene un comportamiento irregular, de extrema escasez en los meses de estiaje por lo general de abril a diciembre y torrentoso en los meses de máximas avenidas de enero a marzo.

En Ocucaje y en todo su cauce, el régimen de descarga del río Ica es tormentoso e irregular, haciéndolo temporalmente deficitario para el desarrollo de la agricultura actual del sector y de todo el valle con una extensión cultivada de 30, 270 Has; siendo uno de los valles más fértiles de la costa peruana, pero a la vez uno de los que sufren de manera constante la falta de agua para el riego de sus tierras.

Como recurso más importante con el que cuenta el sector La banda Ocucaje, para su desarrollo agrícola son las aguas subterráneas. El incremento de las mismas y el crecimiento poblacional en el distrito, han generado mayor demanda de agua. Para cubrir estas necesidades se ha puesto atención a los recursos hídricos superficiales.

En específico, en la zona de estudio, aguas abajo del puente Ocucaje cuando las crecidas son moderadas (menores a 250 m^3/s) son beneficiosas debido a que limpian el cauce transportando los materiales al final de la última crecida importante, de modo que a posteridad una crecida de gran magnitud discurriría por un cauce de mayor sección, causando menos problemas.

En el año de 1992 fue la temporada en la que se registró el caudal más bajo con $41 m^3/s$.

II.5.4 Estudio meteorológico

a) Temperatura

En el caso de la presente zona de estudio, se ha podido apreciar que dicho elemento experimenta variaciones que van desde el tipo cálido a semi – cálido (10 °C a 30 °C). En cuanto a los valores promedios mensuales extremos, se

contempla que, en el distrito de Ocucaje, dichos valores sobrepasan el nivel de los 30°C durante los meses de enero a abril.

Tabla I

Registro de temperatura máxima y mínima

Estación	Periodo de estudio	Temperatura °C
San Felipe	1969 2018	Max. 20.6 - Min.15.2 Max. 33.6 - Min.14.4

Nota: Datos obtenidos de la estación meteorológica San Felipe.

b) Humedad relativa

Este componente meteorológico se mide principalmente por las estaciones de la costa.

Es necesario considerar que la uniformidad de oscilación del régimen mensual de humedad en la provincia de Ica, mientras que a diferencia en las zonas de Ocucaje – La Banda, la marcha del mencionado régimen se constituye de forma variable.

El valor promedio de la humedad relativa es mínimo, varía entre 8-15 % en todo el año, establece que, Ocucaje generalmente es una zona atmosféricamente de mediana a baja humedad; una evidencia más para el índice de Humedad Relativa en la que los valores promedios mensuales extremos, en ningún caso llegan o se aproximan al nivel de 100% y en la mayoría de los meses se mantiene alrededor del 92% con mínimas variaciones en este valor.

c) Vientos

Las estaciones del sector de la costa registran vientos y aunque, en la mayoría de los casos, consisten en las direcciones o rumbos con valores estadísticos de velocidad ya antes mencionados, incluyendo también que el registro de los periodos considerados de 2 a 3 años es corto para fines investigativos y así obtener una información más detallada de la zona de estudios.

Generalmente los vientos en el sector de estudio proceden en la dirección noroeste (NO) y sureste (SE). Los primeros tienen su origen en el mar y son más frecuentes durante la mañana y el atardecer, y durante el mediodía, el rumbo de procedencia es SE, del valle hacia el mar. Tratándose de brisas marinas movidas principalmente por la depresión térmica en el litoral y el continente en el intervalo de 24 horas.

La estación meteorológica “San Felipe” es la única que posee los registros de los valores de la velocidad media que representan una estimación de 13.8 Km/h. en la zona de estudio del sector la Banda-Ocucaje.

d) Precipitaciones

El sector la Banda la intensidad de la cuenca, está comprendida entre el litoral marino y el nivel altitudinal que oscila entre 1 500 metros en la zona norte – occidente de la cuenca de Ocucaje, 2 000 metros en la zona sur – oriental de país. El promedio anual de lluvias de dicha área es de 25 mm un estimado con unas variaciones que oscilan entre 0.30mm a 0.40 mm.

En Ocucaje la frecuencia de los días mojados (aquellos con de 1 mm. de precipitación liquida o equivalente de líquido) no varía considerablemente según la estación. La frecuencia varía de 0 % a 2% y el valor promedio 1%.

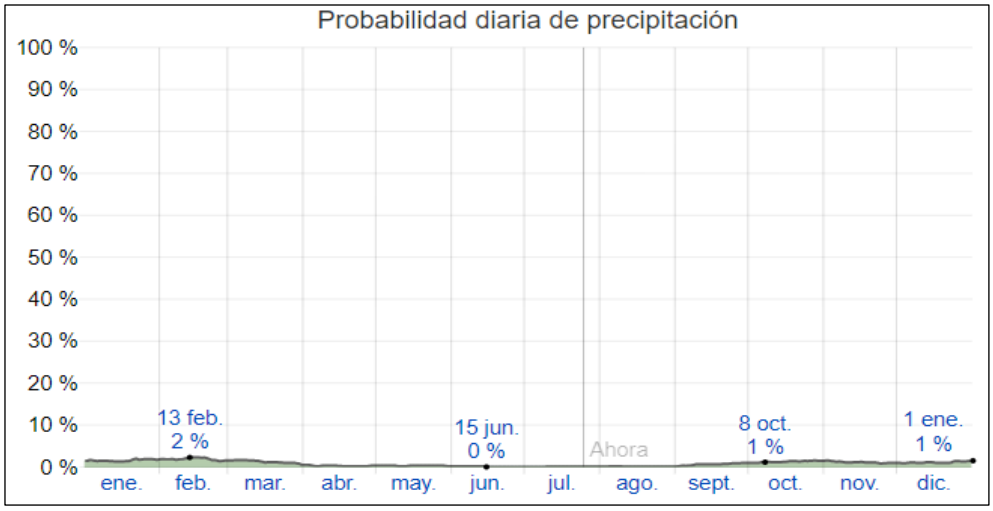


Fig. 4. Probabilidad diaria de precipitación mensual en Ocucaje.

e) Evaporación

El estudio de este fenómeno meteorológico se ha realizado en base a los registros en la estación ubicada en "San Felipe"- Ocucaje.

En función a ciertos parámetros, la evaporación es el resultado de aspectos meteorológicos, los cuales son:

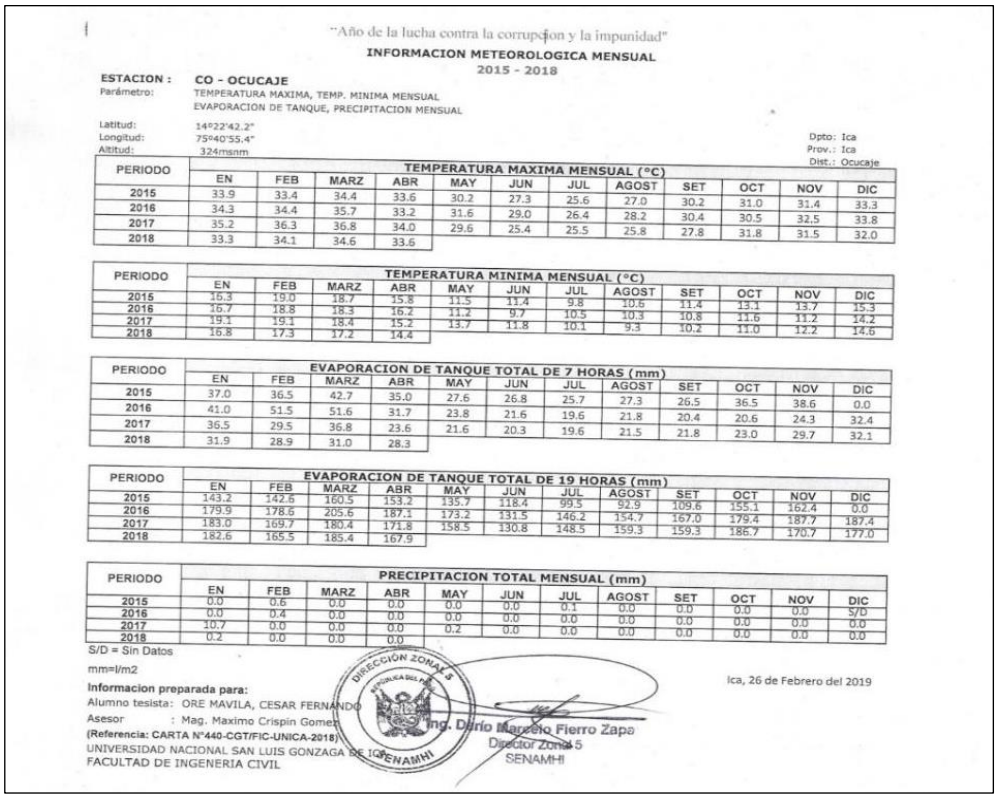
Temperatura del aire: Tomando como referencia el periodo de diseño que es de 100 años.

Velocidad y turbulencia: Medidas registradas por el SENAMHI son de 13.8 Km/h.

Los cuales se evalúan directamente para obtener el valor de evaporación en la atmósfera con que cuenta la estación meteorológica de San Felipe.

En general la intensidad medida de evaporación en el sector de la costa varía regularmente con el régimen de las temperaturas, en relación de que la evaporación viene a ser el producto directo de la insolación y del calor

ambiental. De esta forma, a cuanto mayor sea los niveles de temperatura e insolación en los meses de las estaciones de verano, mayores serán también los valores de evaporación en estos periodos.



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

INFORMACION METEOROLOGICA MENSUAL
2015 - 2018

ESTACION : CO - OCUCAJE
Parámetro: TEMPERATURA MAXIMA, TEMP. MINIMA MENSUAL
EVAPORACION DE TANQUE, PRECIPITACION MENSUAL

Latitud: 14°22'42.2"
Longitud: 75°40'55.4"
Altitud: 324msnm

Dpto: Ica
Prov.: Ica
Dist.: Ocucaje

TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL (°C)

PERIODO	EN	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SET	OCT	NOV	DIC
2015	33.9	33.4	34.4	33.6	30.2	27.3	25.6	27.0	30.2	31.0	31.4	33.3
2016	34.3	34.4	35.7	33.2	31.6	29.0	26.4	28.2	30.4	30.5	32.5	33.8
2017	35.2	36.3	36.8	34.0	29.6	25.4	25.5	25.8	27.8	31.8	31.5	32.0
2018	33.3	34.1	34.6	33.6								

TEMPERATURA MINIMA MENSUAL (°C)

PERIODO	EN	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SET	OCT	NOV	DIC
2015	16.3	19.0	18.7	15.8	11.5	11.4	9.8	10.6	11.4	13.1	13.7	15.3
2016	16.7	18.8	18.3	16.2	11.2	9.7	10.5	10.3	10.8	11.6	13.2	14.2
2017	19.1	19.1	18.4	15.2	13.7	11.8	10.1	9.3	10.2	11.0	12.2	14.6
2018	16.8	17.3	17.2	14.4								

EVAPORACION DE TANQUE TOTAL DE 7 HORAS (mm)

PERIODO	EN	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SET	OCT	NOV	DIC
2015	37.0	36.5	42.7	35.0	27.6	26.8	25.7	27.3	26.5	36.5	38.6	0.0
2016	41.0	51.5	51.6	31.7	23.8	21.6	19.6	21.8	20.4	20.6	24.3	32.4
2017	36.5	29.5	36.8	23.6	21.6	20.3	19.6	21.5	21.8	23.0	29.7	32.1
2018	31.9	28.9	31.0	28.3								

EVAPORACION DE TANQUE TOTAL DE 19 HORAS (mm)

PERIODO	EN	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SET	OCT	NOV	DIC
2015	143.2	142.6	160.5	153.2	135.7	118.4	99.5	92.9	109.6	155.1	162.4	0.0
2016	179.9	178.6	205.6	187.1	173.2	131.5	146.2	154.7	167.0	179.4	187.7	187.4
2017	183.0	169.7	180.4	171.8	158.5	130.8	148.5	159.3	159.3	186.7	170.7	177.0
2018	182.6	165.5	185.4	167.9								

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

PERIODO	EN	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SET	OCT	NOV	DIC
2015	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D
2016	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2017	10.7	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2018	0.2	0.0	0.0	0.0								

S/D = Sin Datos
mm=l/m2

Ica, 26 de Febrero del 2019

Informacion preparada para:
Alumno tesista: ORE MAVILA, CESAR FERNANDO
Asesor : Mag. Maximo Crispin Gomez
(Referencia: CARTA N°440-CGT/FIC-UNICA-2018)
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA
FACULTAD DE INGENERIA CIVIL

DIRECCION ZONAL 5 SENAMHI

Ing. Dario Marcelo Fierro Zapa
Director Zonal 5
SENAMHI

Fig. 5. Información meteorológica mensual

II.5.5 Estudios hidráulicos

El objetivo del estudio hidráulico es determinar los niveles de agua, velocidades y esfuerzos cortantes en el tramo de la corriente contenida dentro del área de estudio. Estos parámetros serán usados después en el diseño de las obras hidráulicas.

En este caso la corriente sobre la cual se realizó el análisis hidráulico es el río Ica. El rio pertenece a la cuenca hidrográfica del río Ica de primer orden según el sistema de Horton, y colecta aguas de la sierra alta del Perú, el río acentúa su comportamiento rectilíneo por su sinuosidad baja, es decir, un único canal muy inestable y tiene un caudal de alta energía y gran capacidad erosiva.

Durante los trabajos de campo efectuado se hizo reconocimiento de la ubicación propuesta del eje del río Ica con la finalidad de determinar los parámetros hidráulicos, las características hidráulicas del cauce comprometido y el probable comportamiento del mismo ante la ocurrencia del máximo caudal.

a) Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad de Manning fue determinado teniendo en cuenta la visita in-situ del cauce del río en el tramo en estudio.

Otra forma de determinar el coeficiente de Manning es analizar la granulometría inherente en la zona, cuyo diámetro máximo corresponde a 0.50m y un D50 = 25cm.

$$n = (0.0456(D_{50}S)^{0.159}$$

Donde:

So: Pendiente del río.

D_{50}: Diámetro medio de las partículas del fondo del lecho (plg).

b) Riesgo de falla – periodo de vida útil

El cálculo del período de vida útil se determinó mediante el método probabilístico recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Este método relaciona el riesgo de la falla de obra R, el cual el período de retorno T y los años de vida útil "n" en la siguiente formula.

$$R = 1 - (1 - \frac{1}{T})^n$$

Considerando una vida útil de 25 y 50 años se estimaron los factores de riesgo para períodos de retorno de 50, 100 y 500 años, este resultado se presenta en la tabla siguiente.

Tabla II

Probabilidad de falla para una obra cuya vida útil es de 25 o 50 años para periodos de retorno de 50,100 y 500 años

	Periodo de retorno (años)		
Vida útil (años)	**50**	**100**	**500**
25	39.65%	22.22%	4.88%
50	63.58%	39.50%	9.52%

II.5.6 Estudios de mecánica de suelos

Obtenida la muestra del suelo de la zona de estudio (zona crítica) a través de una calicata de una profundidad de 1.50 metros, se procedió a realizar los ensayos de laboratorio de acuerdo de las normas ASTM según la relación que se indica y clasificación de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Resultados que se muestra en los anexos que comprenden los resultados de Estudio de Mecánica de Suelos.

El tipo de prospección geofísica se determina con el estudio e identificación de los estratos diferentes que se presentan a lo largo del tramo longitudinal del río estudiado desde la cota terreno 329.29 hasta 327.63 m.s.n.m.

Con los datos de campo y con las normas nacionales vigentes, se procede a realizar las calicatas con una profundidad de 1.50 metros.

La finalidad es de ejecutar el análisis de calidad del suelo donde se debe cimentar las estructuras del Proyecto. Obtener os parámetros de cimentación, a fin de recomendar el tipo de cimentación a utilizarse.

Con la identificación de las propiedades y características del terreno en donde se realizarán los trabajos de excavación y ubicación del sistema de gaviones. Para ello se realizarán: Ejecución de 03 Calicatas hasta una profundidad de 1.50 metros. La Extracción de muestras representativas de la estratigrafía, ejecución de ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos en muestras Alteradas, también hay presencia de zonas agrícolas.

Fig. 6. Ubicación de calicatas

II.5.7 Exploración de suelos

Enmarcado en el firme objetivo de investigar las características físicas químicas de las calicatas que se han explorado, las cuales tienen la siguiente secuencia.

Reconocimiento de campo: Esta fase tuvo como objetivo reconocer el terreno en el cual se establece el estudio, asimismo el grado de dificultad y los inconvenientes posibles en la ejecución de la fase de campo, período en el cual se trabajó a tiempo Completo para conseguir los fines del estudio.

El suelo que cubre está compuesto por gravas arenosas y limo, siendo suelos transportados por el lecho de río con partículas de canto rodado. Asimismo, como parte de esta fase se realizó la recolección de muestras para su posterior análisis en laboratorio y analizar el comportamiento previo del suelo.

Fase de campo:

La apreciación visual de las características del suelo, y el muestreo del terreno, sea en forma alterada; dichas muestras fueron sometidas a pruebas en laboratorio, para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Se realizaron 03 calicatas ubicadas en toda el área de estudio, de profundidades de 1.50 m.

Al realizar la excavación de las calicatas se observa que la capa freática esta apenas unos 30 cm de profundidad, en la cual se puede visualizar en las figuras siguientes.

Fig. 7. Ubicación de calicata N° 01.

Fig. 8. Ubicación de calicata N° 02.

Fig. 9. Ubicación de calicata N° 03.

En esta etapa previa a los ensayos de laboratorio se ha identificado superficialmente 02 tipos principales de suelos: suelos de relleno o préstamo y gravas arenosas con presencia de limo.

Se realizaron ensayos de campo *in situ* y en laboratorio: Granulometría, Limites de Consistencia, Humedad Natural, Densidad máxima y Mínima, Estos ensayos permitirán conocer las propiedades del suelo tales como: Características físicas y de resistencia.

II.5.8 Densidad de Campo

El ensayo de densidad *in situ* por el método del CONO DE ARENA permite determinar la Densidad del Suelo Seco y el Contenido de Humedad del Suelo compactado en el campo, para luego poder determinar el Grado de Compactación que presenta el suelo en el campo por el Método de Cono de Arena. Comprobar el grado de compactación del campo a partir de nuestro ensayo realizado.

Determinándose la humedad de esa muestra nos permite obtener la densidad seca. Se utiliza una arena uniforme estandarizada (arena compuesta por partículas cuarzosas, sanas, no cementadas, de granulometría redondeada y comprendida entre las mallas Nº 10 ASTM (2,0 ms.) y Nº 35 ASTM (0,5 ms.) y de granos redondeados para llenar el hueco excavado en terreno. En el laboratorio se emplea una arena uniforme normalizada y de granos redondeados.

El material de suelo extraído del Río Ica es suelo natural, en el laboratorio se obtuvo el siguiente resultado:

Volumen del suelo húmedo: 1.97 gr/cm^3

Densidad del suelo seco: 1.77 gr/cm^3

Humedad contenida en el suelo: 10.84 %

El ensayo de laboratorio se realiza en base a la normativa peruana vigente:

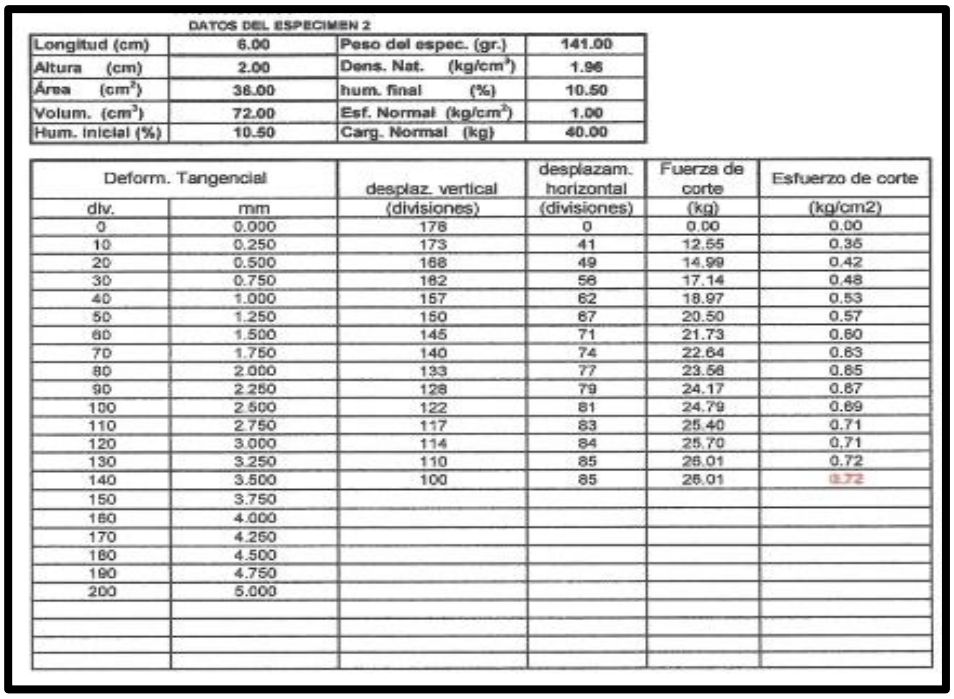
NTP 339.143 [6] (Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena).

MTC E - 117 [7, pp. 126-135] (Densidad en el sitio - Método del Cono).

ASTM D 1556 [8] (Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method).

II.5.9 Ensayo de Corte Directo.

El ensayo busca identificar la relación que se establece entre el esfuerzo y la deformación considerando una carga lateral aplicada de tal forma que se genera un esfuerzo cortante, se presenta un plano de falla horizontal paralelo a la carga aplicada. Cuando la estructura seleccionada como alternativa de solución, se apoya en la tierra, transmite los esfuerzos al suelo de fundación, en el laboratorio se obtuvo el siguiente resultado:



DATOS DEL ESPECIMEN 2

Longitud (cm)	6.00	Peso del espec. (gr.)	141.00
Altura (cm)	2.00	Dens. Nat. (kg/cm^3)	1.96
Área (cm^2)	36.00	hum. final (%)	10.50
Volum. (cm^3)	72.00	Esf. Normal (kg/cm^2)	1.00
Hum. inicial (%)	10.50	Carg. Normal (kg)	40.00

Deform. Tangencial		desplaz. vertical	desplazam. horizontal	Fuerza de corte	Esfuerzo de corte
div.	mm	(divisiones)	(divisiones)	(kg)	(kg/cm2)
0	0.000	176	0	0.00	0.00
10	0.250	173	41	12.55	0.35
20	0.500	168	49	14.99	0.42
30	0.750	162	56	17.14	0.48
40	1.000	157	62	18.97	0.53
50	1.250	150	67	20.50	0.57
60	1.500	145	71	21.73	0.60
70	1.750	140	74	22.64	0.63
80	2.000	133	77	23.56	0.65
90	2.250	128	79	24.17	0.67
100	2.500	122	81	24.79	0.69
110	2.750	117	83	25.40	0.71
120	3.000	114	84	25.70	0.71
130	3.250	110	85	26.01	0.72
140	3.500	100	85	26.01	0.72
150	3.750				
160	4.000				
170	4.250				
180	4.500				
190	4.750				
200	5.000				

Fig. 10. Ensayo de corte directo

La normativa vigente del ensayo de corte directo:

- NTP 339.171 [9] (Método de ensayo de corte directo).
- Norma ASTM D 3080 [10].

II.5.10 Análisis de Consistencia

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua.

La preparación del espécimen de ensayo se realizó procediendo: En el mezclado el contenido de humedad es el contenido de humedad se ajuste a una consistencia que requiere de 20 a 30 golpes de la copa de límite líquido para cerrar la ranura.

El contenido de humedad de la muestra se debe tomar cuando el número de golpes requerido para cerrar la ranura esté comprendido entre 20 y 30. Si se requiere menos de 20 o más de 30 golpes, se ajustará el contenido de humedad del suelo y se repetirá el procedimiento. Inmediatamente después de remover un espécimen para contenido de humedad como se describió anteriormente, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para reponer la pérdida debido a las ranuras y las orientaciones de muestreo para contenido de humedad. Repetir, y si el segundo cierre de la ranura requiere el mismo número de golpes o no más de dos golpes de diferencia, tomar otro espécimen para contenido de humedad. De otro

modo, mezclar de nuevo todo el espécimen y repetir, donde se obtuvo los siguientes resultados:

El peso de la muestra es de 1 000 gr.

Humedad Natural (W): 10.84%

Límite Líquido (LL): 27.50

Límite Plástico (LP): 22.85

Índice Plástico (IP): 4.85

II.5.11 Análisis Granulométrico

En un tipo de exploración a cielo abierto, el material de suelo extraído con procedencia del Río Ica aguas abajo del puente Ocucaje, se tomó como peso de muestra 1 000 gr.

Se realizó el análisis granulométrico por tamizado en el estándar de clasificación **ASTM D 422** [11] y **ASTM D2216** [12].

Obteniéndose los resultados de retenido en cada malla o tamiz y el posterior grafico de curva granulométrica que cumpla con las condiciones y requerimientos que exige la norma técnica peruana: **NTP 400.012** [13].

El tiempo de tamizado de la muestra se elige empíricamente respecto a la muestra sometida a estudio. El tamizado se considera concluido cuando el aumento del peso del residuo en el más fino de los tamices, durante el tiempo de tamizado, constituye no más del 5%, en el laboratorio se obtuvo el siguiente resultado:

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ESTANDAR DE CLASIFICACION ASTM D422-D2216-D2487 / AASHTO T87

Tamices ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	2.70	0.27	99.73	0.27
8	2.300				
10	2.000	10.50	1.05	98.68	1.32
16	1.190				
20	0.840	32.40	3.24	95.44	4.56
30	0.590				
40	0.420	61.20	6.12	89.32	10.68
50	0.297				
60	0.250	276.50	27.65	61.67	38.33
80	0.177				
100	0.149	382.70	38.27	25.40	74.60
140	0.105				
200	0.074	151.60	15.16	10.24	89.76
Fondo		102.40	10.24	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr.		
D_{10} (mm)		0.072	C_U	3.40	
D_{30} (mm)		0.162	C_C	1.48	
D_{60} (mm)		0.245			

Fig. 11. Análisis Granulométrico

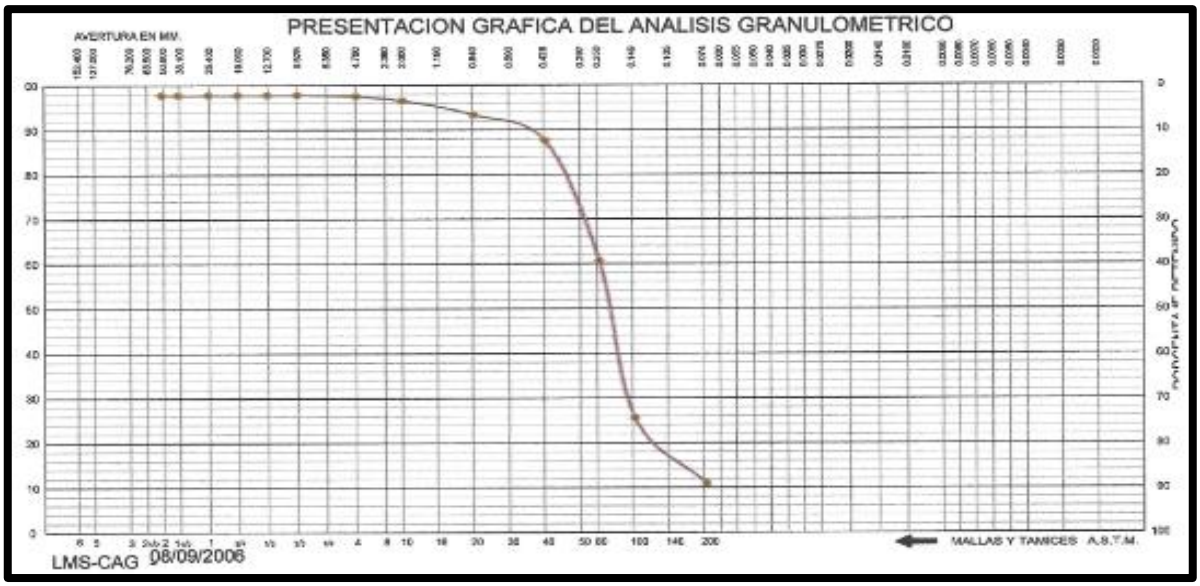


Fig. 12. Presentación grafica del Análisis Granulométrico

II.5.12 Determinación del Tipo de Suelo.

El tipo de suelo determinado con los ensayos realizados in situ y laboratorio es el siguiente:

SUCS: SP – SM

A.A.S.H.T.O: A-2-4 (0)

Es un suelo con calidad regular a baja en términos de resistencia, capacidad.

Clasificado como un suelo de arena mal graduada con gravas y limo.

III. RESULTADOS

III.1 Análisis y predimensionamiento

Con la información obtenida se procedió a las evaluaciones de la propuesta apropiada para el estudio de investigación, la propuesta de solución planteada para el control y prevención de las riberas en la zona de estudio se diferencia principalmente por dos métodos de protección de las riberas de los ríos y el tipo de material a usar. Entre las principales alternativas tenemos aquellas que usan: enrocados, gaviones, concreto armado, bioingeniería, prefabricados de concreto, y no convencionales.

El criterio para la evaluación de las propuestas fue el identificar los métodos de protección de las riberas de los ríos y los factores que intervienen directamente en el desarrollo de una obra y factores de zona.

El primer grupo asocia o se basa en las alternativas o filosofías distintas de los métodos de protección de riberas de ríos entre ellos tenemos la interposición de elementos entre la orilla erosionada y la corriente de agua y la disminución de la capacidad erosiva a causa de la socavación marginal por la corriente de agua, el segundo grupo asocia los factores particulares de cada alternativa, así por ejemplo tenemos: los aspectos constructivos, el tiempo de ejecución, el uso de la mano de obra calificada y el uso de equipos, mientras que el tercer grupo a los factores característicos de la zona de estudio entre estos tenemos: la disponibilidad de materiales y el transporte.

III.2 Método de evaluación de alternativas por ACG

El objetivo del presente trabajo es presentar un sistema de evaluación rápido y para esto hemos desarrollado un Método Simulado (Software) el cual se encarga de evaluar bajo los distintos criterios y variables de un proyecto; así como los Planes Alternativos, que vienen a ser las diferentes condiciones de propuesta; dando como resultado el Plan más óptimo y conveniente. Que su evaluación se efectúe, bajo diferentes alternativas, donde cada una de ellas tenga diferentes restricciones, dentro del marco del propósito.

III.2.1 Materiales y métodos

Criterio de evaluación:

Los criterios son aquellas descripciones que influyen de forma directa o indirecta en el proyecto a evaluar. Con estos criterios se analizan cada uno de los Planes Alternativos. Los criterios que participan en cada Plan Alternativo, pueden considerarse con valores numéricos variables según las condiciones del criterio. También pueden considerarse conceptos calificativos, que al final se les debe asignar valores numéricos, dentro de unos límites previamente definidos; con el propósito de desarrollar matricialmente. A continuación, empleamos el software antes mencionado para la seleccionar la mejor alternativa.

Ítems de evaluación:

Con el aporte positivo o negativo de estos criterios se evaluará cada una de las alternativas:

- Mano de obra calificada.
- Disponibilidad de materiales.
- Tiempo de ejecución de obra.
- Mantenimiento.
- Costo.
- Vida útil

Planes alternativos:

- Plan 01: Diques.
- Plan 02: Gaviones.
- Plan 03: Muros de contención.
- Plan 04: Enrocado.

		SIGNO			TIPO		PLANES ALTERNATIVOS			
N°	CRITERIOS	+	-	%	I	S	PLAN 1	PLAN 2	PLAN 3	PLAN 4
1	MANO DE OBRA CALIFICADA	●	○	8	○	●	Muy Bu	Muy Bu	Bueno	Bueno
2	DISPONIBILIDAD DE MATERIALES	●	○	7	○	●	Bueno	Exelent	Regular	Regular
3	TIEMPO DE EJECUCION DE OBRA	○	●	10	○	●	Bueno	Bueno	Exelent	Regular
4	MANTENIMIENTO	○	●	8	○	●	Exelent	Bueno	Muy Bu	Muy Bu
5	COSTO	○	●	10	○	●	Regular	Muy Bu	Muy Bu	Bueno
6	TIEMPO DE VIDA UTIL	●	○	10	●	○	50	60	70	70

Fig. 13. Cuadro de ingreso de datos al software ACG.

Ingreso de los criterios, con sus respectivos signos y el valor descriptivo de cada Plan.

Considerando el valor de cada uno de los ítems o criterios a evaluar, el intervalo de variación será de cero (0) a diez (10), el valor de 10 significa el más óptimo o de mayor relevancia en el desempeño de las funciones establecidas en la investigación, mientras el valor de 0 como relevancia nula.

Los valores óptimos de cada criterio establecido, se obtienen de la siguiente manera: Sumatoria de Pesos = 84%, considerándose la suma en valor absoluto (Tener en cuenta el aporte positivo o negativo de los criterios de evaluación).

Determinando el peso de incidencia en el plan alternativo, para su evaluación. Aplicando una R.T.S (Regla de Tres Simple).

100% ---------- X
84% ---------- 10

X = 11.91

100% ---------- X
84% ---------- 5

X = 5.95

Se evalúa para un valor de 10, por ser el máximo valor del Peso de criterios de evaluación, y para un valor de 5, en condiciones normales de evaluación.

$$\frac{11.91}{100} = 0.119$$

$$\frac{5.95}{100} = 0.060$$

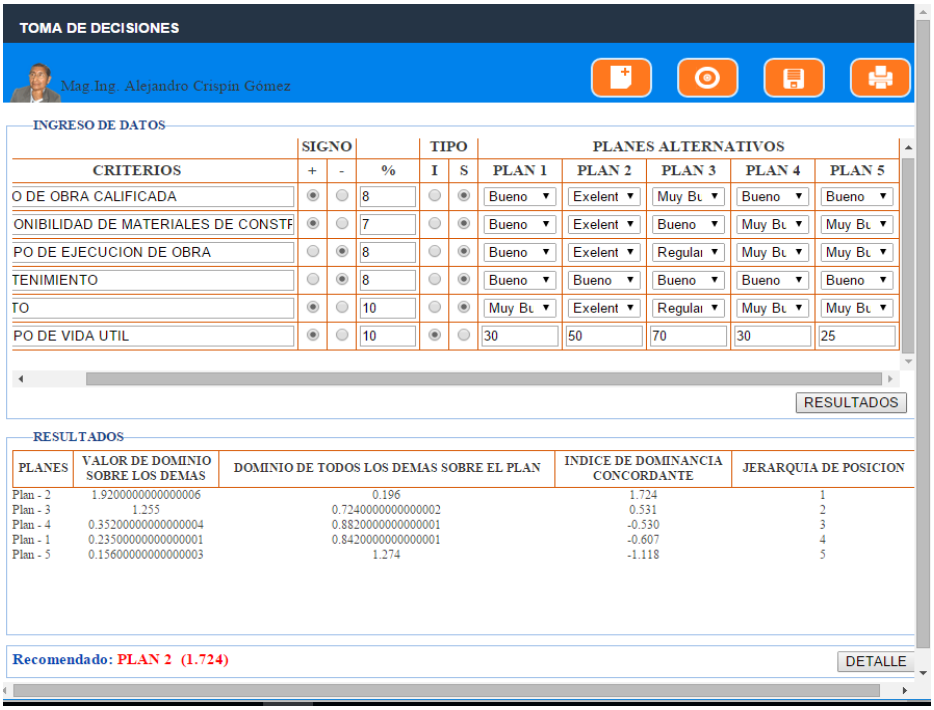


Fig. 14. Cuadro de resultados de software ACG.

III.3 Definición de la obra a desarrollar que permita mayor beneficio-costo:

El diseño de muros de gaviones debe contemplar tres condiciones básicas de estabilidad: al vuelco, al deslizamiento y al hundimiento.

Como obra seleccionada para la protección de los márgenes la finalidad es de reducir el fenómeno torrencial e impedir la erosión en el tramo donde la velocidad excesiva del río ocasiona graves erosiones en los márgenes.

La formulación, ejecución y operación de la estructura de gaviones como alternativa de solución, se caracteriza por la participación multi – disciplinaria con carácter multi –

objetivo, lo que permite satisfacer a todos los involucrados y circundantes al desarrollo de la investigación. A su vez esto permite su recuperación del costo de inversión en corto tiempo. De tal manera que se hace viable y financiable.

III.4 Análisis e interpretación de datos

Con la información obtenida se procedió a las evaluaciones de la propuesta apropiada para el estudio de investigación, la propuesta de solución planteada para el control y prevención de las riberas en la zona de estudio se diferencia principalmente por dos métodos de protección de las riberas de los ríos y el tipo de material a usar. Entre las principales alternativas tenemos aquellas que usan: enrocados, gaviones, concreto armado, bioingeniería, prefabricados de concreto, y no convencionales.

El criterio para la evaluación de las propuestas fue el identificar los métodos de protección de las riberas de los ríos y los factores que intervienen directamente en el desarrollo de una obra y factores de zona mediante el efectivo software ACG.

III.5 Parámetros de diseño

Es necesario mencionar los criterios a utilizar para el diseño de la estructura de defensa ribereña, en este caso construida con gaviones, para comprender las técnicas, métodos y herramientas que se emplean para el mismo fin.

Esta estructura se analiza como un muro de contención, que puede ser de concreto ciclópeo o armado, por la razón que soportará los empujes laterales del terreno. Además de tener presente que el gavión tipo caja también se someterán a otros efectos del mismo terreno como el agua, la sobrecarga del terraplén, el peso propio, entre otros.

En primer lugar, para el cálculo o determinación del empuje activo del terreno que actúa sobre los gaviones, se aplica la ley de Coulomb.

Ley de Coulomb:

El análisis de la estructura de gaviones se tratará como un muro de contención, se considera que todo empuje sobre un muro es a consecuencia de una cuña de suelo enmarcada por el paramento o cara del muro, la superficie del relleno y la superficie de falla que se desarrolla dentro del terreno, la que debe considerarse plana.

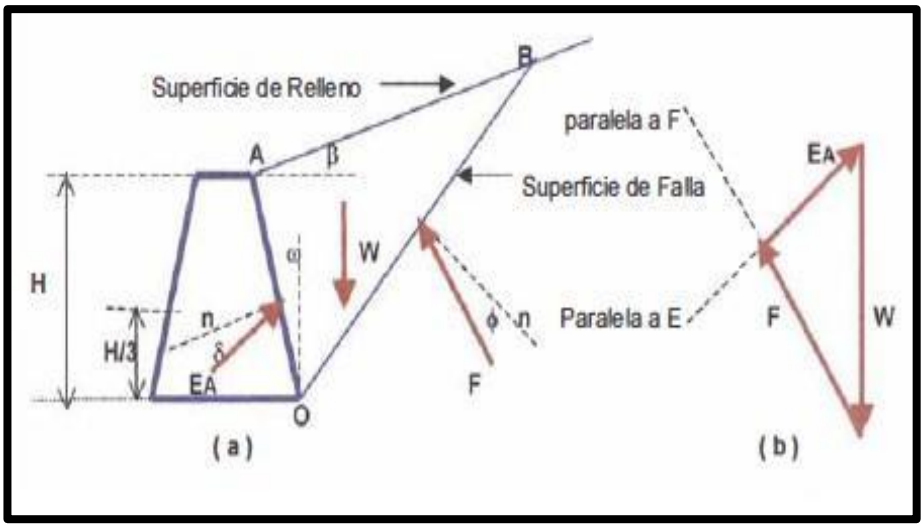


Fig. 15. Secciones de gaviones sometidas a esfuerzos.

Los ángulos de fricción son δ, entre el relleno y el muro, y el ángulo φ entre suelo y suelo respectivamente, los valores de cada uno de ellos tienen la siguiente variación.

$$0 \leq \delta \leq \phi$$

Para el caso de un relleno con características friccionantes la cual está limitada por un plano, aun siendo éste inclinado y de un muro de respaldo plano puede aplicarse una ecuación matemática a la Ley de Coulomb y categorizarla como una fórmula para el cálculo del empuje máximo:

$$E = \frac{1}{2}\gamma H^2 \frac{cos^2(\varphi-\delta)}{(\omega)cos(\delta+\varphi)x\left[1+\sqrt{\frac{sen\,(\delta+\varphi)sen\,(\varphi-\beta)}{cos\,(\delta+\omega)cos(\omega-\beta)}}\right]^2} \qquad (1)$$

Dónde:

E = Empuje activo máximo.

H = Altura del relleno en el espaldón del muro.

γ = Peso específico del relleno.

φ = Ángulo de fricción interna del suelo.

ω = Ángulo formado entre el respaldo del muro y la vertical.

β = Ángulo formado entre la horizontal y la superficie plana del relleno.

δ = Ángulo de fricción entre el muro y el relleno.

Cuando el valor de ω = 0, se debe a que la espalda es recta y β = 0 porque el relleno es horizontal, la ecuación que determina el empuje activo se simplifica a la siguiente expresión:

$$E = \frac{1}{2}H^2K_A \qquad (2)$$

Dónde:

K_A = Coeficiente de Empuje Activo del suelo.

$$K_A = \frac{cos^2(\varphi)}{coscos\ (\delta)\left[1+\sqrt{\frac{sen\,(\delta+\varphi)sen\,(\varphi)}{coscos\,(\delta)}}\right]^2} \qquad (3)$$

Para los suelos cohesivos siempre se acopla en la fórmula el valor de la cohesión, factor que influye significativamente en el cálculo del empuje activo. Por lo general este valor de la cohesión se desprecia ya que a través del tiempo se modifica y tiene gran incidencia en el valor final del empuje.

La fórmula con este valor se expresa:

$$\text{E}= \frac{1}{2}H^2K_A - 2cH(K_A)^{\frac{1}{2}}. \qquad (4)$$

Dónde:

H = Altura del relleno en el espaldón del muro.

K_A = Coeficiente de empuje activo del suelo.

γ = Peso específico del relleno.

c = Cohesión del relleno.

Si la estructura en análisis tiene una sobrecarga encima del relleno la ecuación queda expresada:

$$E_A = \frac{1}{2}H^2K_A(1+\frac{2hs}{H}) - 2cH(K_A)^{\frac{1}{2}} \qquad (5)$$

Dónde:

q = Sobrecarga.

hs = q / γ = Altura de la sobrecarga.

<u>Segunda expresión de la ley de Coulomb</u>

Se considera que el parámetro del muro tiene una normal que forma un ángulo α con el plano horizontal. Como se aprecia en la figura:

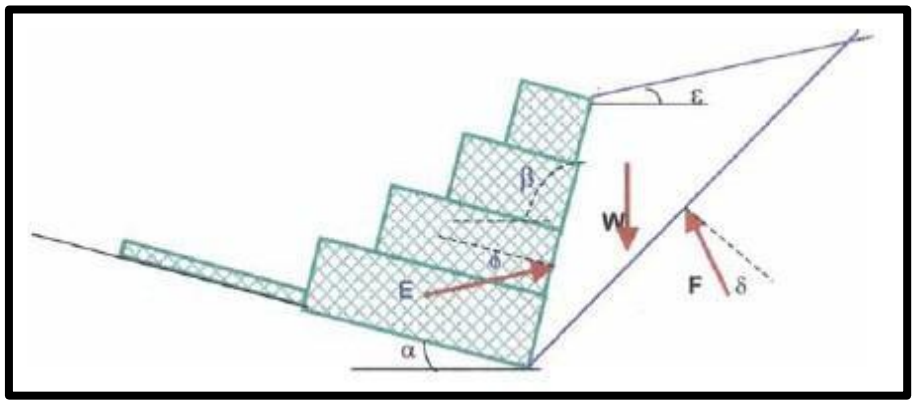


Fig. 16. Fuerzas actuantes en la cuña de análisis.

La constante del empuje activo de acuerdo a la ley de Coulomb será:

$$K_A = \frac{sen^2(\beta+\varphi)}{(\beta)sen(\beta-\delta)x\left[1+\sqrt{\frac{sen\,(\delta+\varphi)sen\,(\varphi-\varepsilon)}{cos\,(\beta-\delta)sen(\beta+\varepsilon)}}\right]^2}. \quad (6)$$

Dónde:

β = Ángulo que se forma entre el paramento del muro con la vertical.

φ = Ángulo de fricción interna del suelo.

δ = Ángulo entre el suelo y el relleno.

ε = Ángulo del talud del relleno.

En el caso de que la estructura con un paramente vertical y el talud de relleno horizontal se tendrá que β = 90°, debido a que la estructura es perpendicular con la vertical; y ε = 0°, no existe talud en el relleno del espaldón.

Teniendo en cuenta la siguiente teoría trigonométrica:

Sen (90° + θ) = Cos (θ)

Sen (90 + (-θ)) = Cos (-θ)

Cos (-θ) = Cos (θ)

La ecuación de K_A, se simplifica a:

$$K_A = \frac{COS^2(\varphi)}{x\left[1+\sqrt{\frac{sen\,(\delta+\varphi)sen\,(\varphi)}{cos\,(\delta)}}\right]^2}. \quad (7)$$

Podemos apreciar qué, tanto la ecuación (3) y (7) son iguales, de tal modo se puede aplicar ambas para el mismo fin, que será el cálculo del empuje activo K_A.

Verificación por volteo

Consideramos como una fuerza estabilizadora, el peso propio de la estructura o la que se accione en contra del momento de volteo. Por otro lado, las fuerzas desestabilizantes el empuje activo del relleno y el de la sobrecarga que actúa también sobre el relleno.

Se debe cumplir lo siguiente:

$$\frac{Mr}{Mv} \geq FSV$$

Dónde:

Mr = Momento resistente.

Mv = Momento de volteo.

FSV = Factor de seguridad al volteo = 1.5

Verificación por deslizamiento

Al verificar por el efecto de deslizamiento, se calcula la fuerza de fricción que impide el deslizamiento de la estructura en dirección horizontal, multiplicando el valor de la fuerza vertical del peso propio de la estructura por el coeficiente de fricción entre suelo y gavión, que por lo general siempre es $\mu = \text{Tan}\ \phi$, donde ϕ será el ángulo de fricción del cauce.

El empuje del relleno y la sobrecarga son fuerzas horizontales pero que van en sentido contrario, originan el deslizamiento en la base del gavión.

Se debe cumplir lo siguiente:

$$\frac{F_f}{F_H} \geq FSD$$

Dónde:

F_f = Fuerza de fricción = μ x W = Tan ϕ.

F_H = Fuerza Horizontal actuante.

FSD = Factor de seguridad al deslizamiento = 1.5

Verificación de las presiones transmitidas al terreno

En el gavión, donde actúa la fuerza resultante, que se encuentra en el segundo tercio de la estructura o tercio central y es transmitida hacia el terreno, se origina la distribución de esfuerzos lineal sobre el terreno. El cálculo del valor de la fuerza resultante, siempre debe mantenerse por debajo de la capacidad admisible del suelo.

Se debe cumplir lo siguiente:

$\sigma_1, \sigma_2 >$ q. adm. Dónde: $\sigma 1, \sigma_2 = \frac{W}{B}(1 \pm \frac{6e}{B})$

Dónde:

σ_1, σ_2 = Esfuerzos originados por el terreno.

q. adm = Capacidad admisible del suelo.

W = Peso de la estructura.

B = Ancho de la base.

e = Excentricidad de la base.

Determinación del caudal o descarga máxima del cauce del río Ica tramo Puente Ocucaje – Sector La Banda.

En el cálculo de la descarga máxima, emplearemos el método de Gumbel, que se define como una distribución estadística de valor extremo, conocida también como valor extremo tipo I. Este método mayormente es empleado para proyectos de Defensa Ribereña que tengan bastante nivel de aceptación.

La aplicación de este modelo de distribución de probabilidades, tiene como finalidad predecir las magnitudes máximas de algunas variables hidrológicas, asumiendo que éstos son totalmente independientes.

La distribución de probabilidades de Gumbel se rige por la siguiente ecuación:

$$P = e^{-e^{-y}} \qquad (8)$$

$$P = \frac{1}{T_r} \qquad (9)$$

Dónde:

P = Probabilidad de ocurrencia que se asigna un valor de gasto, sea igualado o superado.

e = Es la base de los logaritmos naturales o neperianos.

T_r = Periodo de retorno, intervalo promedio de presentación de eventos iguales o mayores al que se ha establecido.

y = Variable reducida que se origina por la ecuación:

$$y = a\,(X - X_f) \qquad (10)$$

Dónde:

a = Moda de la distribución.

X_f = Parámetro de dispersión.

En una muestra de tamaño finito, Gumbel establece la siguiente relación:

$X_f = X - \sigma x \;.\; Y_n / \sigma n$

$$a = \sigma n / \sigma x$$

Dónde:

X = Valor medio de los caudales máximos observados.

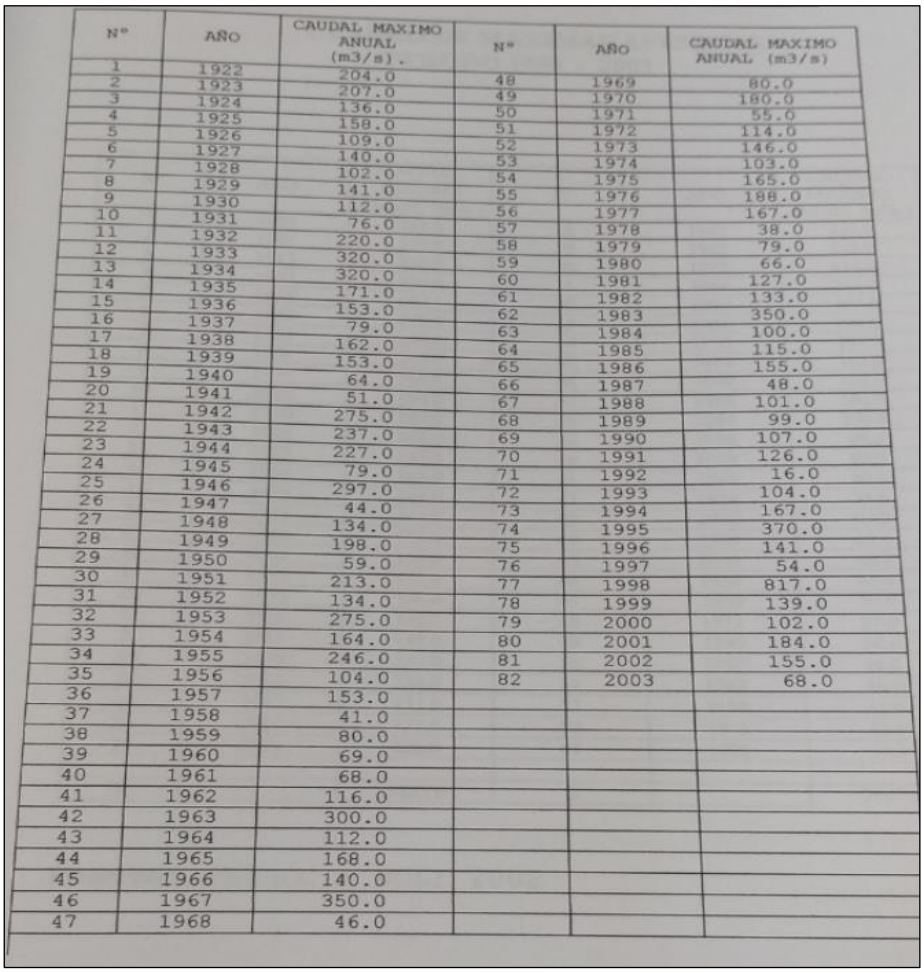
σx = Desviación estándar de los caudales máximos observados.

Yn = Valor medio de la variable reducida.

σn = Desviación estándar de la variable reducida.

En base a los registros recopilados de la fuente de información se tienen los caudales máximos observados, se seleccionará un valor por cada año, de inmediato se determinará sus parámetros estadísticos de la varianza y media.

Cabe resaltar qué, Yn y σn son funciones que se comportan como tal, dentro del tamaño de la muestra.



N°	AÑO	CAUDAL MAXIMO ANUAL (m3/s).	N°	AÑO	CAUDAL MAXIMO ANUAL (m3/s)
1	1922	204.0	48	1969	80.0
2	1923	207.0	49	1970	180.0
3	1924	136.0	50	1971	55.0
4	1925	158.0	51	1972	114.0
5	1926	109.0	52	1973	146.0
6	1927	140.0	53	1974	103.0
7	1928	102.0	54	1975	165.0
8	1929	141.0	55	1976	188.0
9	1930	112.0	56	1977	167.0
10	1931	76.0	57	1978	38.0
11	1932	220.0	58	1979	79.0
12	1933	320.0	59	1980	66.0
13	1934	320.0	60	1981	127.0
14	1935	171.0	61	1982	133.0
15	1936	153.0	62	1983	350.0
16	1937	79.0	63	1984	100.0
17	1938	162.0	64	1985	115.0
18	1939	153.0	65	1986	155.0
19	1940	64.0	66	1987	48.0
20	1941	51.0	67	1988	101.0
21	1942	275.0	68	1989	99.0
22	1943	237.0	69	1990	107.0
23	1944	227.0	70	1991	126.0
24	1945	79.0	71	1992	16.0
25	1946	297.0	72	1993	104.0
26	1947	44.0	73	1994	167.0
27	1948	134.0	74	1995	370.0
28	1949	198.0	75	1996	141.0
29	1950	59.0	76	1997	54.0
30	1951	213.0	77	1998	817.0
31	1952	134.0	78	1999	139.0
32	1953	275.0	79	2000	102.0
33	1954	164.0	80	2001	184.0
34	1955	246.0	81	2002	155.0
35	1956	104.0	82	2003	68.0
36	1957	153.0			
37	1958	41.0			
38	1959	80.0			
39	1960	69.0			
40	1961	68.0			
41	1962	116.0			
42	1963	300.0			
43	1964	112.0			
44	1965	168.0			
45	1966	140.0			
46	1967	350.0			
47	1968	46.0			

Fig. 17. Caudal máximo anual

Nuestra fuente de registro de los caudales observados en cada año para un periodo de retorno de 100 años para el diseño de la estructura de gaviones en el sector La Banda – Ocucaje, aguas abajo del puente Ocucaje.

Se tendrá en cuenta las siguientes expresiones, para determinar la máxima descarga para un período de retorno de 100 años:

$0 < \alpha < \infty$, parámetro de escala.

$-\infty < \mu < \infty$, parámetro de posición, valor central o moda.

La variable aleatoria reducida de Gumbel, se expresa de la siguiente manera:

$y = \frac{x-\mu}{\alpha}$ …. (10)

La estimación de parámetros de las ecuaciones que intervienen en el cálculo:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{n}} (11)$$

Dónde:

x = Valores tomados del registro de datos.

$\bar{x}$ = Media.

n = Número de datos del registro.

S_n = Desviación estándar.

$$\text{Varianza: } E[(x - E(x))^2] = S^2 = \frac{\pi^2}{6}\alpha^2$$

De donde podemos obtener los parámetros de escala y de posición.

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S \qquad (12)$$

$$\mu = \underline{X} - 0.45(S) \qquad (13)$$

Solución:

Realizamos el ajuste de los datos a la distribución del método Gumbel.

$$\sum X = 4225$$

$$\underline{X} = 51.52$$

$$\sum (X - X)^2 = 2\ 467\ 065.82$$

$$\sqrt{\frac{\sum (X-\underline{X})^2}{n}} = 173.45$$

Dónde: n = 82

Media: $\underline{X}$ = 51.52

Desviación Estándar: S_n = 173.45

Calculando los parámetros de distribución Gumbel de las ecuaciones (12) y (13) respectivamente:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi}(173.45) = 134.78$$

$$\mu = \underline{X} - 0.45S$$

$$\mu = \underline{X} - 0.45 \text{ x } 173.45 = -26.53$$

Cálculo del caudal de diseño, para un período de retorno de 100 años:

$$F(Q = q) = P(Q \leq q) = 1 - \frac{1}{T}$$

$$F(Q = q) = 1 - \frac{1}{100}$$

$$F(Q = q) = F(y) = 0.99$$

$$F(y) = e^{-e^{-y}} = 0.99$$

$$-e^{-y} = ln\ ln\ 0.99$$

$$e^{-y} = 0.010050335$$

$$-y = \ln(0.010050335)$$

$$y = 4.6005$$

La variable aleatoria reducida del método de Gumbel, ecuación (10)

$$y = \frac{x - \mu}{\alpha} = 4.6005$$

$$y = \frac{Q - \mu}{\alpha} = 4.6005$$

Obtenemos la siguiente ecuación:

$$Q = \mu + 4.6005\ x\ \alpha$$

$$Q = -26.53 + 4.6005 \text{ x } 134.78$$

$$Q = 593.52\ m^3/s$$

Interpretación

La prueba de bondad de ajuste: Con los resultados obtenidos de los parámetros, asumimos un nivel de significación del 5%. Por lo tanto, el caudal de diseño para la estructura del gavión con un periodo de retorno de 100 años es de: Q = 593.52 m^3/s.

Capacidad portante del suelo obtenida por pruebas de laboratorio

Se especificaron de los ensayos requeridos y realizados, necesarios para el diseño de la estructura. La determinación de las características del suelo (lecho de río):

SUCS: SP – SM:

AASHTO: A-2-4 (0)

Interpretación

La clasificación resulta como una arena mal graduada con gravas y limo. Es un suelo con calidad regular a baja en términos de resistencia, capacidad.

El ensayo de laboratorio (corte directo) como parámetro, obtuvo como resultado un esfuerzo de 1.06 kg/cm^2 con las condiciones y datos que aplican en la ecuación de determinación de la capacidad portante de Terzaghi.

III.5.1 Predimensionamiento de la defensa ribereña seleccionada (carga viva, carga muerta)

Teniendo los aspectos y características definidos por los capítulos anteriores y la recopilación de información de los datos de campo, se procede al pre dimensionamiento de la estructura.

a) Caudal de diseño

Este dato ha sido calculado para un periodo de retorno de 100 años y el procedimiento para obtener este valor con la información recopilada en campo ha sido efectuado en el ítem anterior.

b) Longitud y ubicación del encauzamiento

La ubicación del encauzamiento y su longitud se determinan considerando la protección directa de la zona más crítica, para proteger las áreas de cultivo, infraestructuras y poblaciones aledañas al río Ica, con la finalidad de evitar el desborde del rio y el fenómeno de la erosión, ya sea por avenidas extraordinarias o normales.

c) Fuerzas actuantes

- Peso propio del muro (W)

  Actúa en el centro de gravedad de la sección de la estructura del gavión para su cálculo se divide la sección en áreas parciales conocidas.

- Empuje activo del relleno (Ea)

  Debido al relleno que se coloca a los espaldones del muro, para darle estabilidad al mismo. El empuje del terreno se determina con la Ley de Coulomb.

- Componente normal de lecho del río (N)

  Presión ejercida por el suelo del río sobre la base de la estructura. Usualmente podemos considerar a la presión linealmente distribuida a lo largo de la base, para originar un diafragma trapezoidal. La resultante en dirección vertical de estas presiones actúa en el centro de gravedad del diafragma.

- Sobrecarga (S/C)

  Fuerza producida por las cargas que se colocan sobre el relleno del muro.

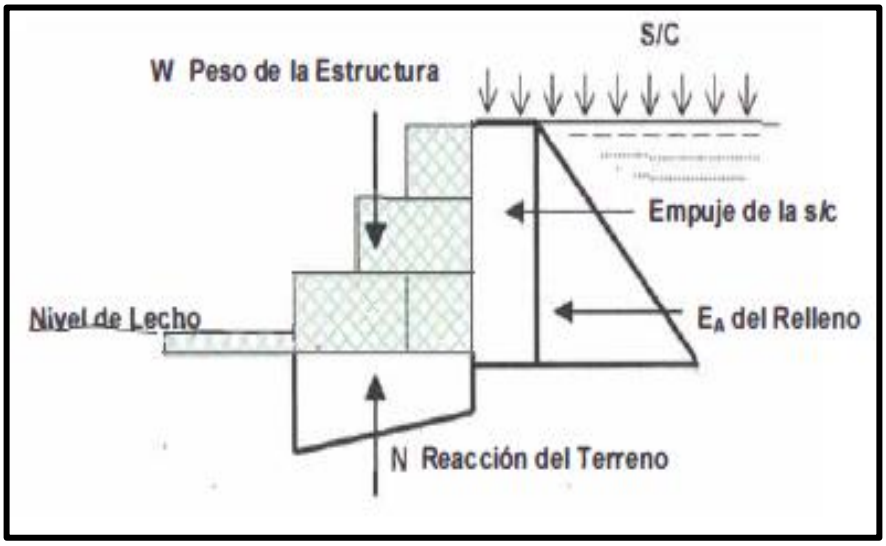


Fig. 18. Sección típica de muro de gaviones

d) Criterios del Predimensionamiento para gaviones

- Se considera que el valor para la sobrecarga que se ubica encima del relleno que va de 1.5 a 2 Ton/m^2. Para nuestro diseño tomamos un valor de 1 Ton/m^2,

porque no existe presencia considerable de los factores que interfieren en la sobrecargar en el relleno (Vehículos).

- En nuestro diseño, es conveniente asumir que $\delta = \phi$, a consecuencia de que la estructura compuesta de gaviones no lleva geotextil en la parte del espaldón del muro, porque lo que se incremente ligeramente el valor de la fricción.
- Tomaremos dos tipos de valores de pesos específicos del suelo, como suelto y compactado. El primero se refiere al de la base del gavión y el segundo al del relleno del espaldón.
- El material de relleno será propio, originario de la limpieza del cauce del río, el relleno se ejecuta en capas compactadas de 20 cm. El procedimiento mejora las características del terreno al minimizar el valor de empuje activo. Tener en cuenta de que, si existiese alguna fuga del material de relleno, este será depositado entre el material de las mallas que son las piedras, así se reducirá el porcentaje de vacíos y la consolidación de la estructura.
- El peso específico de los gaviones es igual al producto de las piedras con el porcentaje de vacíos de las mismas.
- Los gaviones y colchones Reno a usar son de componente Zinc + Aluminio.
- Aberturas de las mallas de gaviones caja son de 10 x 12 cm.
- Aberturas de las mallas del colchón Reno son de 6 x 8 cm.
- Diámetro de alambre para gaviones caja es de 3.4 mm y para el colchón Reno 3 mm.
- Dimensiones de los gaviones caja: 5m x 1m, 50m x 1m y 5x1x1m.
- Dimensiones del colchón Reno: 5 x 2 x 0.25 m.
- Las piedras a utilizar en los gaviones tipo caja son de 8 a 10” y en el colchón Reno es de 6 a 8”.
- Ángulo de fricción interna del relleno compactado: $\phi_1 = 40°$.
- Ángulo de fricción interna del cauce sin compactar: $\phi_2 = 33°$.
- Ángulo del talud de relleno: $\varepsilon = 0°$.
- S/C = 1Ton/m2.
- Peso específico de la piedra = 2430 kg/m3.
- Peso específico de los gaviones = $\gamma_p (1 - n) = 2430 (1 – 0.30) = 1701$ Kg/m3.
- Peso específico del suelo sin compactar = 1770 kg/m3.
- Peso específico del relleno compactado = 2250 Kg/m3.
- Capacidad portante del suelo = 10.60 Ton/m2.
- Coeficiente de fricción del suelo = $Tg\phi$.
- La altura del relleno de la espalda del muro es igual a la altura del muro = 3.80 m.

- Asumiremos un valor de cohesión igual a cero.

e) Consideraciones para el diseño

- La fuerza de rozamiento interno se distribuye en forma uniforme a lo largo de la superficie de rotura.
- La superficie de rotura es plana.
- La cuña del terreno, parte del terreno entre la superficie de rotura y el muro, se considera como indeformable.
- El talud de relleno es horizontal en concordancia a la sección típica del muro.
- A consecuencia de que el muro está hecho con gaviones, se caracteriza por su permeabilidad en el agua de tal modo que se puede filtrar por el relleno, por lo que podemos obviar la componente del empuje hidrostático para evitar el sobredimensionamiento de la estructura.
- El muro será de escalones externos, debido a su gran estabilidad.
- Sería factible la inclinación del muro en un rango de 6° a 10°, con la finalidad de disminuir el valor del coeficiente del empuje activo, sin embargo, en nuestro caso de diseño consideramos la estructura como vertical.
- La estructura será verificada al volteo, al deslizamiento y a presiones del terreno.

III.5.2 Determinación del efecto de la socavación

La corriente del agua que se desplaza por el cauce del sector la Banda, tiene una cierta capacidad de suspender y arrastrar las partículas sólidas que se constituyen en el lecho sobre el que ocurre el flujo.

Este fenómeno complejo depende de diversos factores, tales como las configuraciones topográficas del cauce, características del material de arrastre y las características hidráulicas de la corriente.

Al producirse la socavación normal en el lecho de la corriente, y cuando se coloca una estructura dentro del cauce la cual funciona como un obstáculo, se está modificando las condiciones de escurrimiento, alterando así la capacidad de arrastre en la zona aledaña en donde sucede la obstrucción debido a la estructura. Esta capacidad si es mayor a la corriente que transporta a la zona con material sólido se va a producir una socavación adicional a la normal de la corriente; si no fuera el caso se produce un depósito.

El problema de determinar la socavación de la corriente es uno de los problemas complejos a los que nos enfrentamos para el diseño del muro de gaviones, a razón de qué la socavación se origina durante el incremento de la máxima descarga, por lo

tanto, aumenta la capacidad de arrastre del río se rellena cuando la corriente del cauce regresa a su condición estable, desapareciendo los indicios del fenómeno.

En diversos estudios, que sirven como antecedentes para nuestro diseño, la profundidad normal de socavación es a razón de la diferencia de los tirantes en condiciones estables y en condiciones de creciente máxima.

Para nuestro diseño vamos a estudiar y tener en cuenta la socavación producida en los márgenes que es la que vamos a considerar para determinar el efecto de la socavación.

a) Socavación en los márgenes

Es el tipo de erosión que nos interesa, para el presente estudio ya que se ve involucrado con las defensas que se diseñan y construyen en los márgenes o riberas del río, con el fin de proteger a las mismas, a los habitantes de las zonas rurales aledañas y resguardar las áreas de cultivo adyacentes al cauce del río.

Este fenómeno se produce por la corriente de agua en materiales solubles que se van formando a las orillas, este efecto es considerablemente peligroso en épocas de máxima descarga, por el aumento de la capacidad erosiva de la corriente a raíz de su mayor velocidad.

La erosión en márgenes es a causa de la divagación de los materiales, y si este fenómeno se produce en los estratos susceptibles (blandos) que se sitúan bajo otros estratos que no lo son, se producirá embovedamientos y como consecuencia existirán inestabilidades en los taludes del propio margen.

b) Cálculo del efecto de socavación

El problema está en el cálculo de la erosión máxima que se va a representar en una sección que se encuentra entre las márgenes laterales del cauce que al pasar una avenida con un gasto igual al caudal de diseño (Qd), el cual tiene un periodo de retorno de 100 años.

Esta teoría es de aplicación para lechos de río que tienen como suelos con limosos plásticos y que dependen del peso volumétrico del suelo seco. Para este caso el valor de la velocidad erosiva Ve, es la velocidad media con la que se requiere degradar el fondo, está determinada por la siguiente ecuación:

$$Ve = 0.60.\gamma d^{1.18}\beta.Hs^{x} \qquad (14)$$

Dónde:

Ve = Velocidad de erosión en m/s.

γd = Peso volumétrico del material seco que se encuentra a profundidad Hs, en ton/m^3.

β = Coeficiente que depende de la frecuencia con la que se repita la máxima descarga (Ver tabla N° 08).

Hs = Tirante que se considera, a la que en su profundidad se calcula el valor de (Ver tabla N°09) que se requiere para el arrastre y levantamiento de materiales.

X = Exponente variable que está en función al peso volumétrico γd del material seco en ton/m^3.

El análisis de la variación media real de la corriente en función de la profundidad podemos obtenerla en una sección transversal del margen del cauce en estudio:

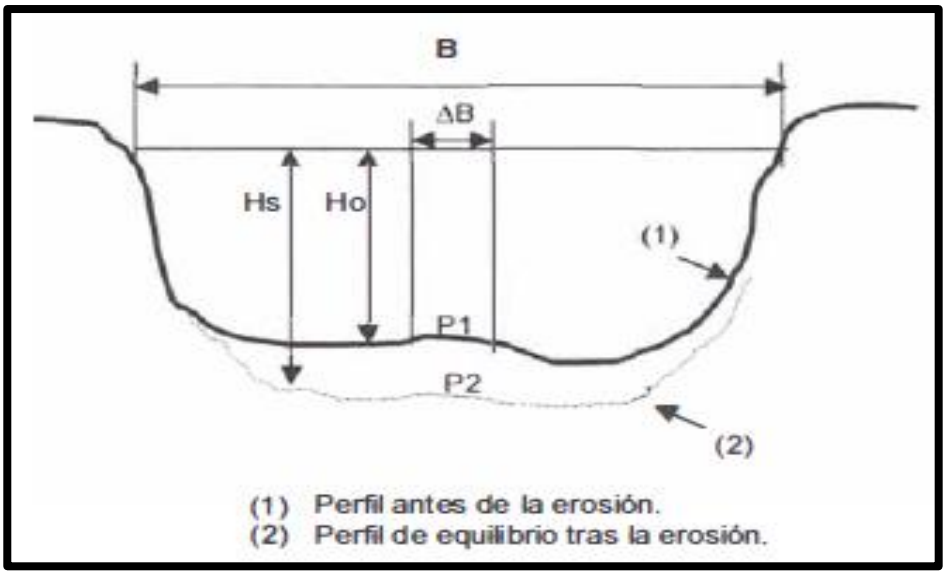


Fig. 19. Sección para el estudio del efecto de erosión. [14]

Interpretación

Al tomar el espesor de sección ΔB, consideramos que el fondo (P1) se encuentra en condiciones normales y en su nivel inicial antes de que suceda la erosión. La descarga pasa por esta sección que puede expresarse con la ecuación de Manning, no obstante, para un ΔB que es muy pequeño el radio hidráulico es igual al tirante.

$$\Delta Q = V\ x\ \Delta A = \frac{S^{1/2}{H_0}^{5/3}\Delta B}{nxHs} \qquad (15)$$

Dónde:

ΔB = Diferencial del ancho del cauce.

S = Pendiente hidráulica.

H_0 = Profundidad antes de la erosión.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

Cuando el valor de H_0 se incremente y alcance un valor cualquiera Hs (P2), la velocidad se reduce a un valor de Vr, la que está expresado en función de la velocidad y el tirante.

$$\Delta Q = Vr.Hs.\Delta B \qquad (16)$$

Donde:

Hs = Altura del cauce más la profundidad de socavación.

Podemos igualar las dos ecuaciones anteriores y tenemos la siguiente expresión:

$$Q = \frac{S^{1/2}{H_0}^{5/3}}{nxHs} \qquad (17)$$

Entonces, la erosión se detiene cuando alcanza la profundidad cualquiera alcanzada hasta el nivel de Hs, el valor de Vr, que es la velocidad de la corriente capaz de originar arrastre de materiales y Ve, la velocidad erosiva para que el fondo se degrade, lleguen a ser iguales, es la condición de equilibrio.

$$Ve = Vr$$

Al igualar ambas ecuaciones:

$$0.60.\gamma d^{1.18}\beta.Hs^{x} = \frac{S^{1/2}{H_0}^{5/3}}{n}$$

Podemos despejar el valor de Hs:

$$Hs = \left[\frac{S^{1/2}{H_0}^{5/3}}{0.60.\gamma d^{1.18}.\beta.n}\right]^{\frac{1}{1+x}} \qquad (18)$$

Tabla III

Valores de coeficiente β para el cálculo de la velocidad de erosión

Probabilidad anual (en %) de que se presente el gasto de diseño	Coeficiente β
100	0.77
50	0.82
20	0.86
10	0.90
5	0.94
2	0.97
1	1.00
0.3	1.03
0.2	1.05
0.1	1.07

Nota: Extraído de Hidrología Estadística [15]

Tabla IV

Suelos cohesivos

γd (mm)	X	1/(1+X)	γd (mm)	X	1/(1+X)
0.80	0.52	0.66	1.20	0.39	0.72
0.83	0.51	0.66	1.20	0.38	0.72
0.86	0.590	0.67	1.28	0.37	0.73
0.88	0.49	0.67	1.34	0.36	0.74
0.90	0.48	0.67	1.40	0.35	0.74
0.93	0.47	0.68	1.46	0.34	0.75
0.96	0.46	0.68	1.52	0.33	0.75
0.98	0.45	0.69	1.58	0.32	0.76
1.00	0.44	0.69	1.64	0.31	0.76
1.04	0.43	0.70	1.71	0.30	0.77
1.08	0.42	0.70	1.80	0.29	0.78
1.12	0.41	0.71	1.89	0.28	0.78
1.16	0.40	0.71	2.00	0.27	0.79

Nota: Extraído de Hidrología Estadística [15]

En concordancia a la clasificación del suelo, realizada en el laboratorio y consignada en el capítulo anterior y a las fórmulas demostradas, procedemos al cálculo de la socavación del río para así obtener y dar una longitud apropiada a la estructura antisocavante seleccionada previamente, que será colchones Reno del muro de gaviones, este proceso está en función a las cualidades del río: la pendiente, coeficiente de Manning, peso específico del suelo, etc.

Tenemos los datos siguientes:

$\gamma d = 1.77$ Ton/m^3

$\beta = 0.88$ (Consideramos una probabilidad del 15 % de que se presente el caudal de diseño en cualquier año, e interpolando los valores en la tabla 5.2).

$x = 0.297$ (Interpolando los valores en la tabla 5.3).

$S = 0.001$

$H_0 = 2$ m

$n = 0.045$ (Cauces naturales, con algunas piedras y pastos).

Determinando el valor de Hs aplicando la ecuación (18):

$$Hs = \left[\frac{S^{\frac{1}{2}} H_0^{\frac{5}{3}}}{0.60.\gamma d^{1.18}.\beta.n}\right]^{\frac{1}{1+x}}$$

$$Hs = \left[\frac{(0.001)^{1/2}(2)^{5/3}}{0.60.(1.77)^{1.18} x 0.88 x 0.045}\right]^{\frac{1}{1+0.297}}$$

$$\mathtt{Hs = 1.81\ m \approx 2.00\ m}$$

III.6 Diseño de la defensa ribereña

Con los aspectos bien definidos en los capítulos que preceden a este capítulo de diseño adicionando a la recopilación de información y/o datos de campo, realizamos el diseño de la estructura de defensa ribereña.

En nuestro caso la defensa ribereña está compuesto de muros de gaviones, para nuestro diseño tomamos las siguientes consideraciones:

- Caudal de diseño

  Este dato ha sido calculado para un periodo de retorno de 100 años y la metodología de efectuar los cálculos con la información del campo obtenida se ha presentado en el sub capítulo de parámetros de diseño del mismo capítulo.

- Socavación

  En estructuras en base a gaviones, la socavación se impide con los colchones Reno antisocavante, y su longitud está expresado en función de la altura de socavación:

$$L_{Colchón} = 1.5\ x\ H_{socavación}$$

$$L_{Colchón} = 1.5\ x\ 2.00$$

$$L_{Colchón} = 3\ m \approx \mathbf{4\ m}$$

  La longitud del colcho Reno antisocavante debe de ser de 4m de longitud, debido a que la fabricación de estos colchones se fabricas con 2m de largo, así qué se debe colocar 2 colchones de 2m, para cumplir con los requerimientos de la medida para evitar la socavación.

- Fuerzas actuantes

  Por lo general estas fuerzas que actúan en un muro de contención del que su sección estructural ha de mantenerse constante a lo largo de un ancho considerable, se puede calcular cada uno de ellos para un ancho unitario de muro en la dirección normal al plano, que generalmente es de 1 metro. Las fuerzas actuantes son:

  - Peso propio del muro (W)

    Esta fuerza acciona en el centro de gravedad de la sección de la estructura, puede calcularse sin complejidad alguna, al subdividir la sección mencionada en áreas parciales conocidas (triángulos, rectángulos, etc.).

  - Empuje activo del relleno (Ea)

    Actúa a causa de la presencia del relleno que se coloca en la parte posterior de la estructura o en sus espaldones del muro, para darle estabilidad al mismo. Este valor se calcula mediante la Ley de Coulomb.

  - Componente normal del lecho de río (N)

    El suelo del lecho del río ejerce presión sobre la base de la estructura de gaviones. Por lo general esta presión se considera como una fuerza linealmente distribuida a lo largo de la base, originando un diafragma de forma trapezoidal. La resultante vertical de este componente actúa en el centro de gravedad del diafragma.

  - Sobrecarga (S/C)

    Es la fuerza que se produce por la acción de cargas colocadas por encima del relleno del muro, que también pueden ser distribuidas linealmente o de manera uniforme.

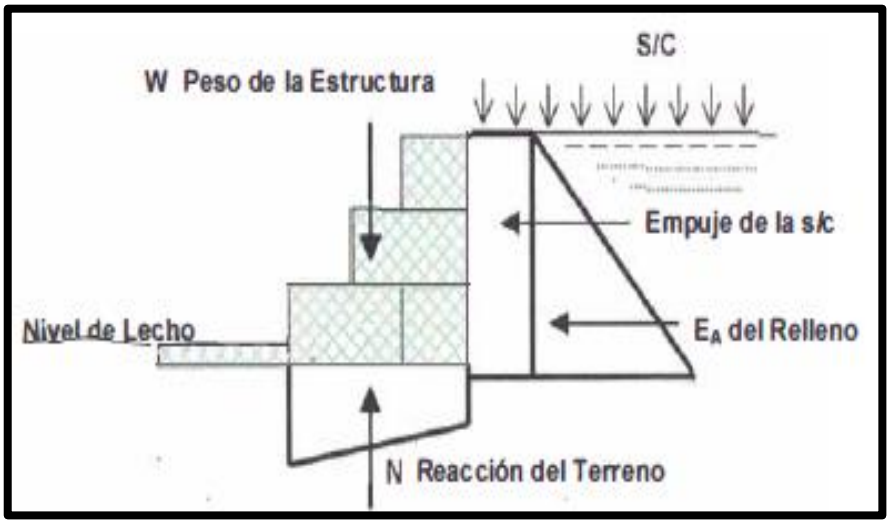


Fig. 20. Sección típica de los muros de gaviones

III.6.1 Cálculo de fuerzas actuantes

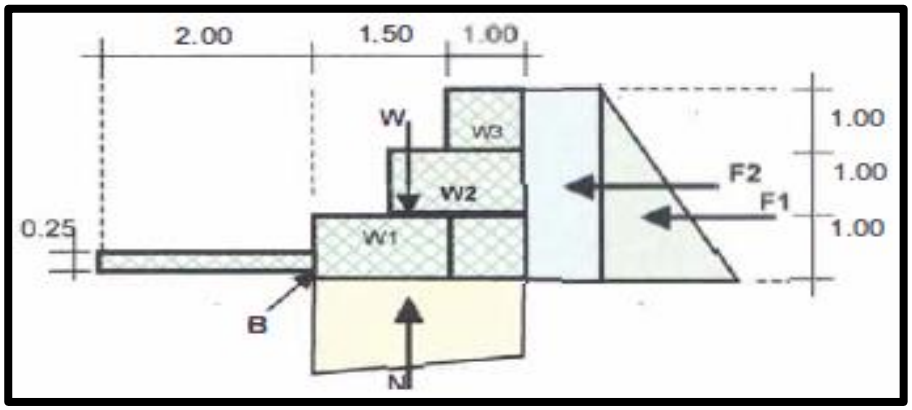


Fig. 21. Sección típica de los muros de gaviones

$\delta = \phi_1$, entonces en la siguiente ecuación reducida:

$$K_A = \frac{Cos(\phi 1)}{(1+\sqrt{2}Sen(\phi 1))^2} = \frac{Cos(40)}{(1+\sqrt{2}Sen(40))^2} = 0.210$$

ϕ_1 = 40° (Angulo de fricción del relleno compactado)

Cálculo de F1 y F2:

F1 = E_A = ½ $\gamma.H^2$. K_A = ½ / (2250) (4^2) (0.210)/1000 = 3.78 Ton

F2 = q.h.K_A = 1 (4) (0.210) = 0.84 Ton

q: Sobrecarga 1Ton/m^2 **h**: Altura del muro.

Para el cálculo del peso propio (W), sumamos las áreas de toda la sección de la estructura, incluyendo el colchón antisocavante, y lo multiplicamos por el valor del peso específico (P.E) de los gaviones.

WT = W1 + W2 + W3 + W4 = (2.5 + 3 + 1 + 2x0.25)1701/1000

WT = **11.91 Ton**

III.6.2 Verificación de estabilidad del muro por volteo

Tomaremos momentos con respecto al punto B del diafragma, que es el punto más desfavorable con respecto al muro:

Tabla V

Momentos resistentes para la verificación por volteo

FUERZA		Distancia	MOMENTO	
Tipo	Valor	d	Resistente	Volteo
F1	3.78	1.00	-	3.78
F2	0.84	1.50	-	1.26
W1	4.70	2.00	9.40	-
W2	2.95	1.75	5.16	-
W3	1.70	1.25	2.13	-
W4	1.78	1.00	-	0.78
			16.69	5.82

Interpretación

Verificamos la condición que se debe cumplir:

$$\frac{Mr}{Mv} \geq F.V.S = 2$$

De manera que: $\frac{16.69}{5.82} = 2.87 > 2$ (Cumple las condiciones de verificación).

III.6.3 Verificación de estabilidad del muro por deslizamiento

Calculamos la fuerza de fricción que actúa en la base del muro. Para su cálculo se tomará el valor del coeficiente de fricción interna del suelo sin compactar ($\phi_2 = 36°$). Ya que se ha calculado la normal que es igual al peso de la estructura, la fuerza de fricción es igual:

Ff = $\mu\, x\, W = Tg\ (\phi 2) x\, W = Tg\ (36°) x 11.91 = 8.65\ Ton$

FH = F1 + F2 = 3.78 + 1.26 = 5.04 Ton

Interpretación

Tenemos que verificar la condición:

$$\frac{Ff}{FH} \geq F.V.D = 1.50$$

Por lo tanto: $\frac{8.65}{5.04} = 1.72 > 1.50$ (Se verifica la estabilidad del muro al deslizamiento).

III.6.4 Verificación de estabilidad del muro por capacidad portante del suelo

Tomamos en cuenta el valor de la capacidad portante del terreno igual a 10.06 Ton/m^2.

Cálculo de los esfuerzos producidos por la estructura:

$$\sigma 1, \sigma 2 = \left(\frac{W}{B}\right)\ (1 \pm \frac{6e}{B})$$

Dónde:

$$e = \frac{B}{2} - (\text{Mr - Mv})/\text{W}$$

Se puede considerar la base de la estructura igual a 3m para el cálculo de la excentricidad.

B=2.5m

Mr = 16.69 Ton-m

Mv = 5.82 Ton-m

W= 11.91 Ton

Por lo tanto: $e = \frac{2.5}{2} - (16.69 - 5.82)/11.91 = 0.34\text{m}$

Se tiene que cumplir: $e \leq B/6$

Entonces: $0.34\text{m} \leq 0.41$ m (OK)

Determinamos las presiones producidas por la estructura:

$$\sigma 1 = \left(\frac{W}{B}\right)\left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \left(\frac{11.91}{2.5}\right)\left(1 + \frac{6(0.34)}{2.5}\right)$$

$$\sigma 2 = \left(\frac{W}{B}\right)\left(1 - \frac{6e}{B}\right) = \left(\frac{11.91}{2.5}\right)\left(1 - \frac{6(0.34)}{2.5}\right)$$

$$\sigma 1 = 8.67 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma 2 = 0.86 \text{ Ton/m}^2$$

Interpretación

Dónde: $\sigma 1, \sigma 2 < q\ adm = 10.06$ Ton/m^2 (OK, se cumple la verificación de estabilidad por capacidad portante del terreno).

IV. DISCUSIÓN

IV.1 Caudal máximo

La información hidrológica es escaza o nula en la zona del proyecto. Al no contar con registros de precipitación y registros de caudales máximas ya que en la zona de estudio y en general en la región de Ica se cuenta con escaza información meteorológicas a diferencia de otras regiones. Sin embargo, el cálculo del caudal de diseño se realizó por el método de caudal instantáneo (formula de Fuller) recomendado por el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de captación – PERPEC de la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales – ANA que tiene como fundamento teórico a LINSLEY-KOHLER [16].

IV.2 Estimación de velocidad de flujo y esfuerzo cortante

Velocidad de flujo de agua:

Respecto a la velocidad máxima del flujo 2.59m/s en el margen derecho donde se produce el desborde del flujo de agua, Algunos autores relacionan la erosión directamente con la velocidad del agua, y suponen que existe una velocidad crítica a la cual se inicia el movimiento de las partículas de suelo.

IV.3 Evaluación técnica y económica de la propuesta de prevención y control de la socavación y erosión en los márgenes y ribera del rio

Respecto a la evaluación técnica-económica, se evaluó a las propuestas de solución de muro de gaviones, enrocado con roca colocada, muro de concreto armado y prefabricados de concreto en función a factores propios (procesos constructivos, tiempo de ejecución, uso de mano de obra calificada y uso de equipos) y factores de zona (materiales disponibles y transporte), proponiendo la elección de una alternativa que mejor se ajuste a las características de la zona de estudio llegando a la conclusión que las alternativas que generan menor presupuesto son las que usan recursos que se encuentran en la zona de estudio. Siendo para nuestro caso un muro del tipo flexible.

Para la elección del método de protección de riberas de ríos se tomó en cuenta la funcionalidad que esta estructura de protección cumplirá en la zona de estudio al observar la simulación de flujo de agua con un caudal de diseño de 68.04m3/s, el tramo en estudio queda desbordada por el margen derecho.

El diseño estructural del muro de contención se realizó por el método de Coulomb, que considera que siempre existe fricción entre el respaldo del muro y el suelo, si éste es friccionante. El empuje de tierras se determina considerando una cuña de suelo limitada por el respaldo, la superficie del relleno y una superficie teórica de falla supuestamente plana, desarrollada dentro del relleno. Utilizando factor de seguridad de deslizamiento Fs>2 y factor de seguridad de volcamiento Fv>2.

Los métodos de diseño se basarán en los indicados en las Normas Peruanas oficiales vigentes, y otros documentos de referencias, tales como ACI, AASHTO, ASCE, u otro que el profesional responsable del proyecto de diseño establezca.

V. CONCLUSIONES

- Los beneficios económicos de este proyecto alcanzan un valor actual neto positivo, ya que los materiales a emplear se encuentran en la zona de estudio ya antes mencionada por lo que se determina de manera viable en el aspecto tanto, económicamente y social para el estado, por lo que se recomienda tomar adecuadamente la decisión de inversión en este proyecto alternativo.
- Se ha determinado que el sistema estructural de interposición de muro de gaviones previene y controla la socavación con posterior erosión de los taludes y márgenes en la ribera del río Ica.
- La estructura de gaviones cumple con las condiciones técnicas y análisis de estabilidad para un factor de seguridad no menor a 2.
- Económicamente, requiere una mano de obra calificada en menor porcentaje de participación, mínimo empleo de maquinarias pesadas, materiales para su composición a utilizar se encuentran dentro del ratio de la zona de estudio, por lo que se hace menos costosa en comparación a otros sistemas como enrocadas y muros de contención de concreto armado.
- Utilizando el laboratorio de la FIC – UNICA, se ha determinado las características mecánicas del suelo, encontrando una arena mal graduada con gravas y limo, con clasificación SUCS: SP-SM, clasificación AASHTO: A-2-4 (0), con una cohesión de 0.10 Ton/m2 y su ángulo de fricción de 33°.

VI. RECOMENDACIONES

- El Proyecto a nivel de estudio denominado: “Evaluación y diseño del encauzamiento y defensa del rio aguas abajo del puente de Ocucaje en beneficio de la población del sector La Banda – Ocucaje – Ica”, sea desarrollado por la municipalidad distrital de Ocucaje, para cumplir con el objetivo en beneficio de la población de la localidad del SECTOR DE LA BANDA.
- Tener en cuenta que, la roca a ser usada debe ser de buena calidad, densa, tenaz, durable, estable, sin defectos e irregularidades que afecten a la estructura, libre de grietas y con presencia de sustancia extrañas adheridas.
- Considerar soluciones con dirección ingenieril que se tome en cualquier proyecto, debe de tenerse en cuenta el empleo de materiales existentes en la zona de estudio, ya que de esta forma el costo de obra se reducirá.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] M. Valenzuela Fuentes, Análisis ambiental de la gestión y uso del agua en la cuenca del río Huasco, Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2018.

[2] F. P. Maraví Alva y L. E. Melchor Agesto, Análisis comparativo de defensas rivereñas para la mitigación de inundaciones del río Ica, Lima: Universidad Ricardo Palma, 2020.

[3] A. C. Zeña Damián y C. E. Santamaría Llontop, Diseño de una defensa ribereña mediante enrocado en los ríos Corral del Medio y La Gallega, longitud 4.0 km. distirto y provincia de Morropón, región Piura, Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2021.

[4] Y. K. Huamani Uribe, Unfluencia del cambio climático en la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca río Ica-Alto Pampas, aplicando el modelo hidrológico WEAP, 2021, Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga, 2022.

[5] Instituto Nacional de Estadística e Informática, Resultados definitivos de los Censos Nacionales, Ica: INEI, 2017.

[6] NTP 339.143:1999 (revisada el 2019), SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena., Lima: INACAL, 2019.

[7] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de ensayo de materiales, Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016.

[8] S. Minaya Gonzales, «ASTM Designación D1556-82: Determinar la densidad del suelo in situ por el método del cono de arena,» de *Seminario taller de mecánica de suelos y exploración geotécnica*, Lima, 1992.

[9] NTP 339.171:2002 (revisada el 2017), SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas., Lima: INACAL, 2017.

[10] ASTM D3080-11, Método de prueba estándar para corte directo de suelo bajo condiciones de drenaje consolidadas, Pensilvania: ASTM International, 2012.

[11] ASTM D422-63, Método de prueba para análisis de tamaño de partículas de suelo, Pensilvania: ASTM International, 2007.

[12] ASTM D2216-19, Método de prueba para determinar contenido de agua (humedad) de suelos y roca en laboratorio, Pensilvania: ASTM International, 2019.

[13] NTP 400.012:2021, AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo., Cuarta ed., Lima: INACAL, 2021.

[14] J. Suárez Díaz, Control de erosión en zonas tropicales, Bucaramanga: UIS, 2001.

[15] B. Máximo Villón, Hidrología Estadística, Instituto tecnológico de Costa Rica, 2006.

[16] R. K. Linsley, M. A. Kohler y J. L. H. Paulhus, Hidrología para ingenieros, No. 551.48

L5H5, 1977.

VIII. ANEXOS

VIII.1 Fotografías

Fig. 22. Vista del puente del sector la Banda – Ocucaje – Ica (margen izquierdo)

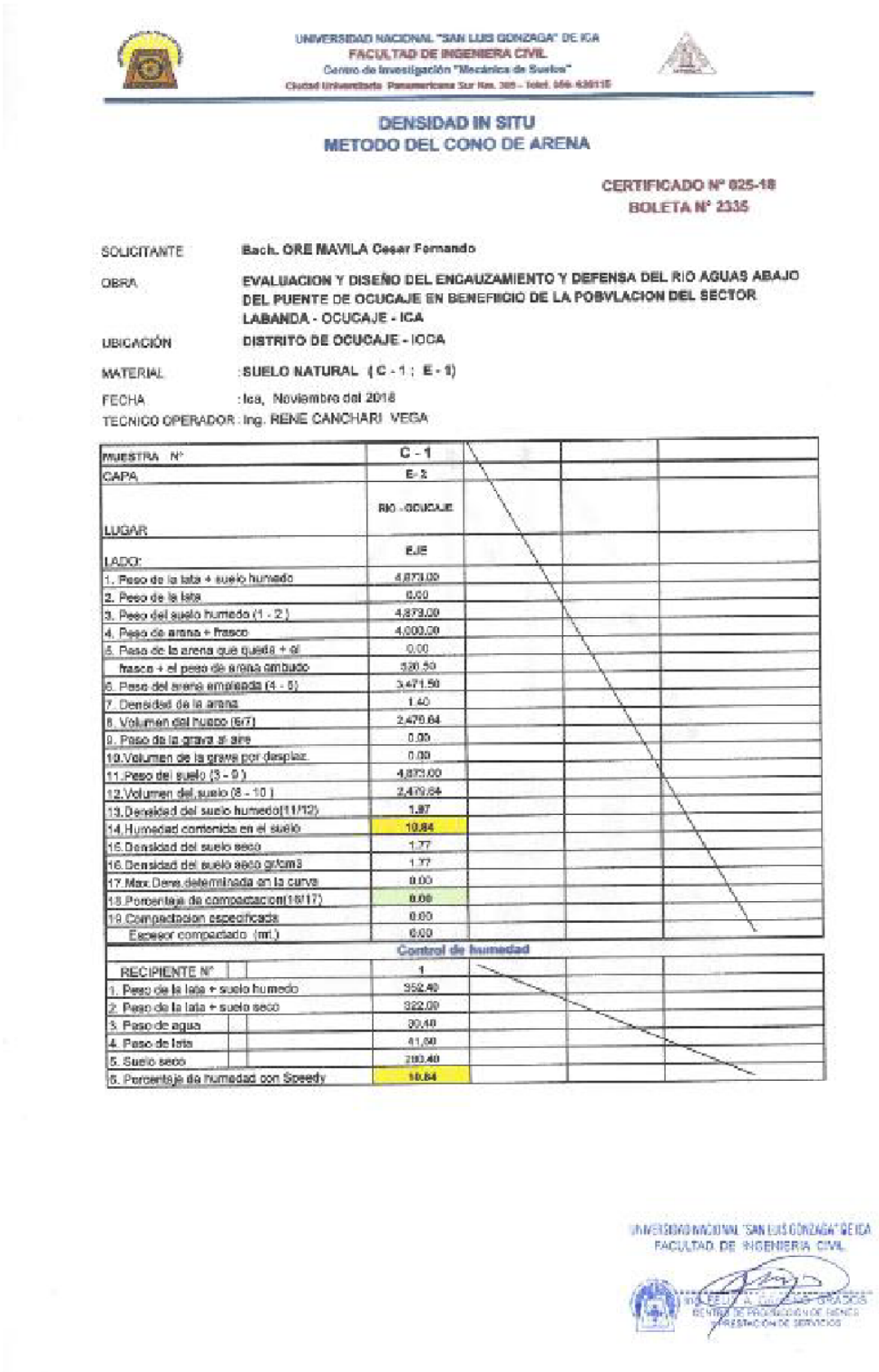
Fig. 23. Vista del puente del sector la Banda – Ocucaje – Ica (margen derecho)

Fig. 24. Levantamiento Topográfico.

Fig. 25. Equipo de Levantamiento topográfico (conformado por compañeros de la FIC)

Fig. 26. Análisis granulométrico

VIII.2 Ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro de Investigación "Mecánica de Suelos"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 – Telef. 056-430110

DENSIDAD IN SITU
METODO DEL CONO DE ARENA

CERTIFICADO Nº 025-18
BOLETA Nº 2335

SOLICITANTE: Bach. ORE MAVILA Cesar Fernando

OBRA: EVALUACION Y DISEÑO DEL ENCAUZAMIENTO Y DEFENSA DEL RIO AGUAS ABAJO DEL PUENTE DE OCUCAJE EN BENEFICIO DE LA POBVLACION DEL SECTOR LABANDA - OCUCAJE - ICA

UBICACIÓN: DISTRITO DE OCUCAJE - IOCA

MATERIAL: SUELO NATURAL (C - 1 ; E - 1)

FECHA: Ica, Noviembre del 2018

TECNICO OPERADOR: Ing. RENE CANCHARI VEGA

MUESTRA N°	C - 1			
CAPA	E- 1			
LUGAR	RIO - OCUCAJE			
LADO:	EJE			
1. Peso de la lata + suelo humedo	4,873.00			
2. Peso de la lata	0.00			
3. Peso del suelo humedo (1 - 2)	4,873.00			
4. Peso de arena + frasco	4,000.00			
5. Peso de la arena que queda + el frasco + el peso de arena embudo	528.50			
6. Peso del arena empleada (4 - 5)	3,471.50			
7. Densidad de la arena	1.40			
8. Volumen del hueco (6/7)	2,479.64			
9. Peso de la grava al aire	0.00			
10.Volumen de la grava por desplaz.	0.00			
11.Peso del suelo (3 - 9)	4,873.00			
12.Volumen del suelo (8 - 10)	2,479.64			
13.Densidad del suelo humedo(11/12)	1.97			
14.Humedad contenida en el suelo	10.84			
15.Densidad del suelo seco	1.77			
16.Densidad del suelo seco gr/cm3	1.77			
17.Max.Dens.determinada en la curva	0.00			
18.Porcentaje de compactacion(15/17)	0.00			
19.Compactacion especificada	0.00			
Espesor compactado (mt.)	0.00			

Control de humedad

RECIPIENTE N°	1			
1. Peso de la lata + suelo humedo	352.40			
2. Peso de la lata + suelo seco	322.00			
3. Peso de agua	30.40			
4. Peso de lata	41.60			
5. Suelo seco	280.40			
6. Porcentaje de humedad con Speedy	10.84			

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
INGENIERO CIVIL
CIP 105000
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

Fig. 27. Densidad in Situ – Método Cono de Arena

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro de Producción del "Laboratorio de Mecanica de Suelos"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km 305 Telef. # 320452 - ICA -PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

NORMA ASTM - 3080

CERTIFICADO N° 25 -18
BOLETA N° 2335

SOLICITANTE : Bach. ORE MAVILA Cesar Fernando
PROYECTO : EVALUACION Y DISEÑO DEL ENCAUZAMIENTO Y DEFENSA DEL RIO AGUAS ABAJO DEL PUENTE DE OCUCAJE EN BENEFICIO DE LA POBLACION DEL SECTOR LABANDA - OCUCAJE - ICA
UBICACIÓN : DISTRITO DE OCUCAJE - ICA
FECHA : ICA, NOVIEMBRE DEL 2018
Sondaje : C - ; - 1 Clasif. (SUCS) : SP - SM/ ARENA MAL GRADUADA CON GRAVAS Y LIMO
Muestra : E - 2 Velocidad (mm/min) : 0.5
Profundidad 1.50 mt. Coef. Anillo CR (div/kg 0.306
Estado : Remoldeado

DATOS DEL ESPECIMEN 2

Longitud (cm)	6.00	Peso del espec. (gr.)	141.00
Altura (cm)	2.00	Dens. Nat. (kg/cm³)	1.96
Área (cm²)	36.00	hum. final (%)	10.50
Volum. (cm³)	72.00	Esf. Normal (kg/cm²)	1.00
Hum. inicial (%)	10.50	Carg. Normal (kg)	40.00

Deform. Tangencial		desplaz. vertical	desplazam. horizontal	Fuerza de corte	Esfuerzo de corte
div.	mm	(divisiones)	(divisiones)	(kg)	(kg/cm2)
0	0.000	178	0	0.00	0.00
10	0.250	173	41	12.55	0.35
20	0.500	168	49	14.99	0.42
30	0.750	162	56	17.14	0.48
40	1.000	157	62	18.97	0.53
50	1.250	150	67	20.50	0.57
60	1.500	145	71	21.73	0.60
70	1.750	140	74	22.64	0.63
80	2.000	133	77	23.56	0.65
90	2.250	128	79	24.17	0.67
100	2.500	122	81	24.79	0.69
110	2.750	117	83	25.40	0.71
120	3.000	114	84	25.70	0.71
130	3.250	110	85	26.01	0.72
140	3.500	100	85	26.01	0.72
150	3.750				
160	4.000				
170	4.250				
180	4.500				
190	4.750				
200	5.000				

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Ing. [illegible]
CENTRO DE PRODUCCION DE BIENES Y PRESTACION DE SERVICIOS

Fig. 28. Ensayo de Corte Directo

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Centro de Produccion del "Laboratorio de Mecanica de Suelos"
Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km 305 Telef. #320452 - ICA-PERU

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NORMA ASTM - 3080

CERTIFICADO N° 26 -18
BOLETA N° 2335

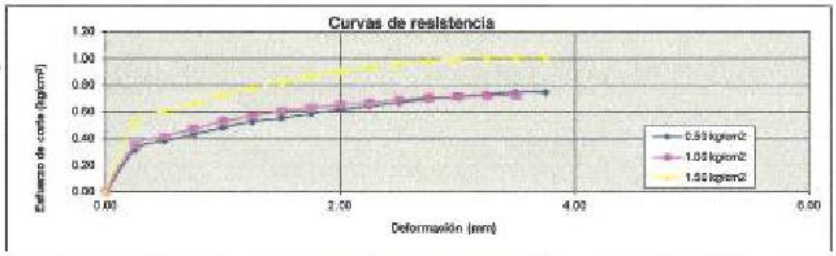
SOLICITANTE : Bach. ORE MAVILA Cesar Fernando

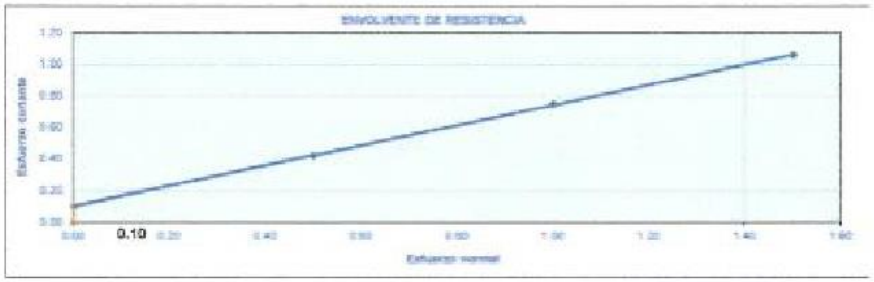
PROYECTO : EVALUACION Y DISEÑO DEL ENCAUZAMIENTO Y DEFENSA DEL RIO AGUAS ABAJO DEL PUENTE DE OCUCAJE EN BENEFICIO DE LA POBLACION DEL SECTOR LABANDA - OCUCAJE - ICA

UBICACIÓN : DISTRITO DE OCUCAJE - ICA

FECHA : ICA, NOVIEMBRE DEL 2018

Sondaje	: C - ; - 1	Clasif. (SUCS)	:	SP - SM / ARENA MAL GRADUADA CON GRAVAS Y LIMO
Muestra	: E - 2	Velocidad (mm/min)	:	0.5
Profundidad	1.50 mt.	Coef. Anillo CR (div/kg.)	:	0.306
Estado	: Remoldeado			



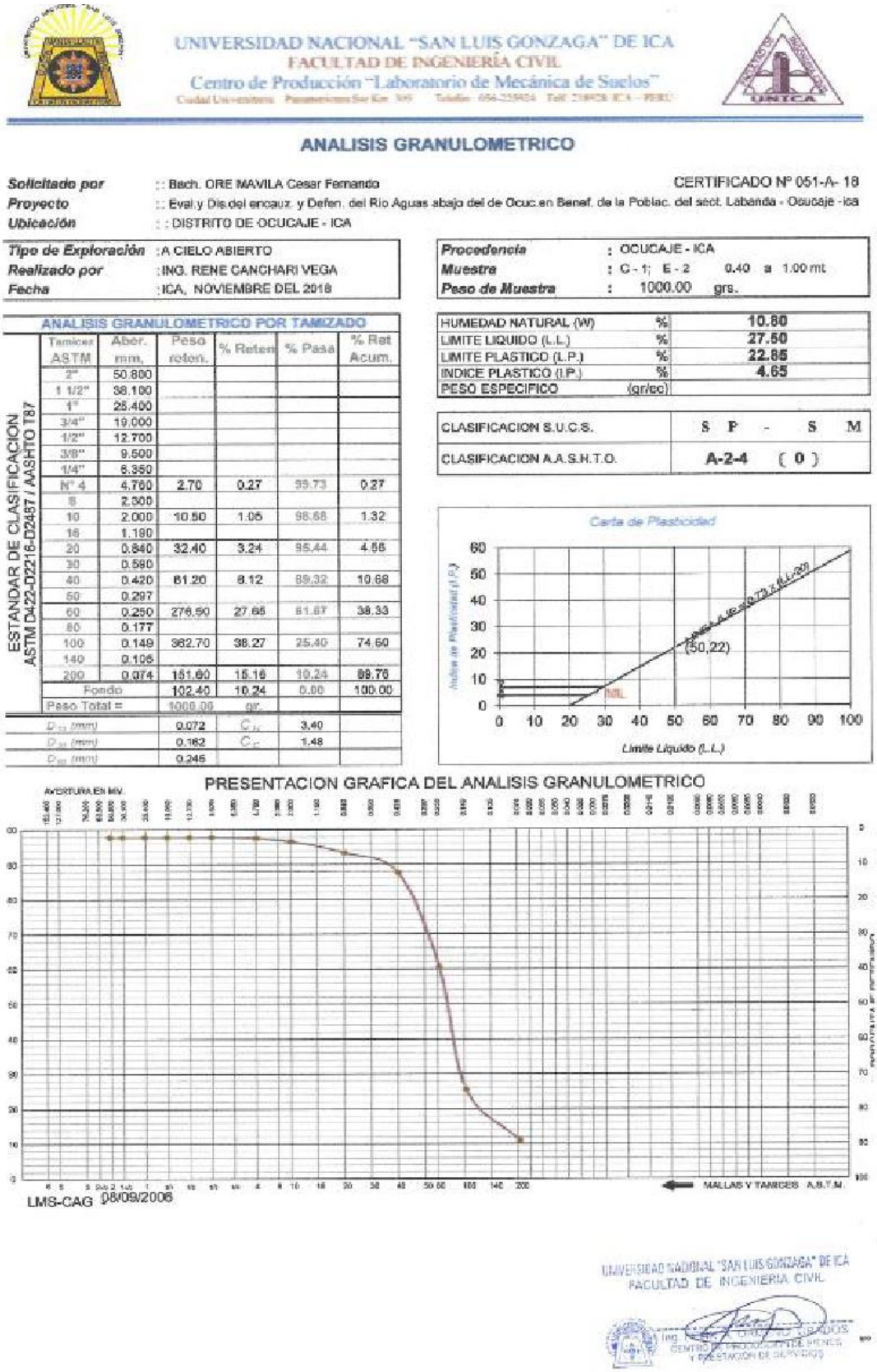


Esf. Normal kg/cm2	Esf.Cortante kg/cm2
0.50	0.42
1.00	0.75
1.50	1.08

RESULTADOS	
C =	0.10
ϕ =	33

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Fig. 29. Ensayo de Corte Directo



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Centro de Producción "Laboratorio de Mecánica de Suelos"

ANALISIS GRANULOMETRICO

Solicitado por : Bach. ORE MAVILA Cesar Fernando — CERTIFICADO N° 051-A- 18
Proyecto : Eval.y Dis.del encauz. y Defen. del Rio Aguas abajo del de Ocuc.en Benef. de la Poblac. del sect. Labanda - Ocucaje -ica
Ubicación : : DISTRITO DE OCUCAJE - ICA

Tipo de Exploración	: A CIELO ABIERTO
Realizado por	: ING. RENE CANCHARI VEGA
Fecha	: ICA, NOVIEMBRE DEL 2018

Procedencia	:	OCUCAJE - ICA
Muestra	:	C - 1; E - 2 0.40 a 1.00 mt
Peso de Muestra	:	1000.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ESTANDAR DE CLASIFICACION ASTM D422-02216-02487 / AASHTO T87

Tamices ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.700				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	2.70	0.27	99.73	0.27
8	2.360				
10	2.000	10.50	1.05	98.68	1.32
16	1.190				
20	0.840	32.40	3.24	95.44	4.56
30	0.590				
40	0.420	81.20	8.12	89.32	10.68
50	0.297				
60	0.250	276.90	27.68	61.67	38.33
80	0.177				
100	0.149	382.70	38.27	25.40	74.60
140	0.105				
200	0.074	151.60	15.16	10.24	89.76
Fondo		102.40	10.24	0.00	100.00
Peso Total =		1000.00	gr.		

D_{10} (mm)	0.072	C_u	3.40
D_{30} (mm)	0.162	C_c	1.48
D_{60} (mm)	0.245		

HUMEDAD NATURAL (W)	%	10.60
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	27.50
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	22.85
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	4.65
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S P - S M
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-2-4 (0)

Carta de Plasticidad

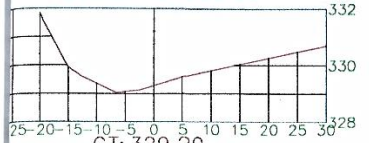
PRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS GRANULOMETRICO

LMS-CAG 08/09/2006

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Ing. ORE MAVILA CESAR FERNANDO
CENTRO DE PRODUCCION LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PRESTACION DE SERVICIOS

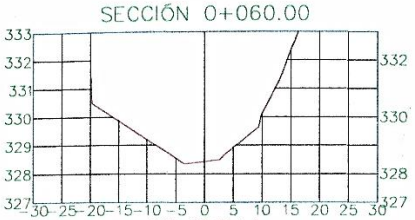
Fig. 30. Análisis granulométrico

SECCIÓN 0+000.00



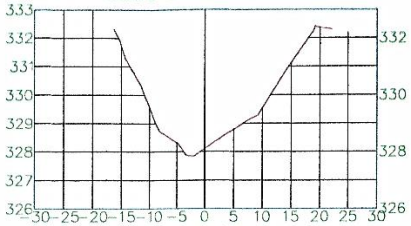
CT: 329.29
CR: 329.29

SECCIÓN 0+060.00



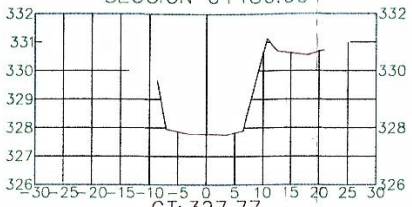
CT: 328.44
CR: 328.44

SECCIÓN 0+120.00



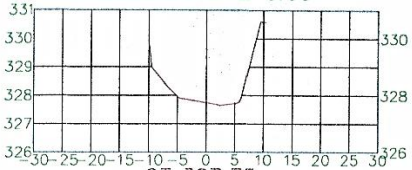
CT: 328.12
CR: 328.12

SECCIÓN 0+180.00



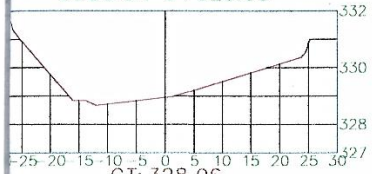
CT: 327.77
CR: 327.77

SECCIÓN 0+240.00



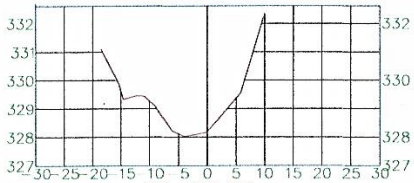
CT: 327.75
CR: 327.75

SECCIÓN 0+020.00



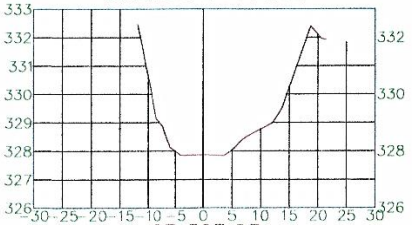
CT: 328.96
CR: 328.96

SECCIÓN 0+080.00



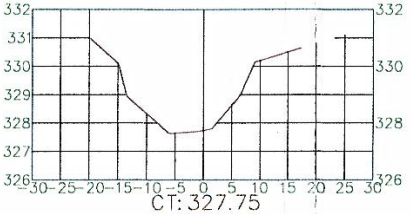
CT: 328.22
CR: 328.22

SECCIÓN 0+140.00



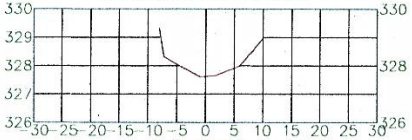
CT: 327.87
CR: 327.87

SECCIÓN 0+200.00



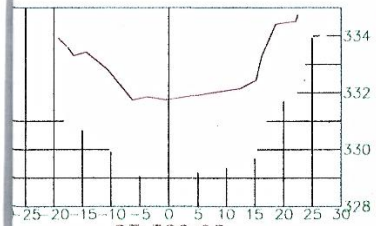
CT: 327.75
CR: 327.75

SECCIÓN 0+256.03



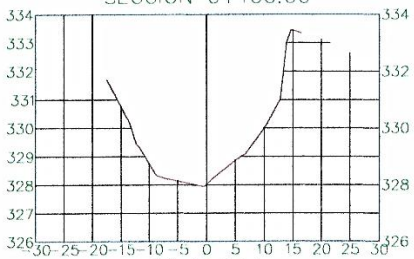
CT: 327.63
CR: 327.63

SECCIÓN 0+040.00



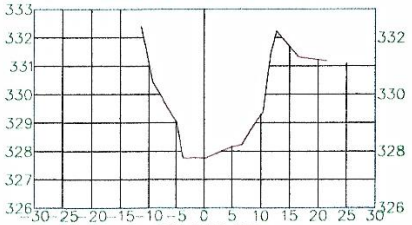
CT: 329.03
CR: 329.03

SECCIÓN 0+100.00



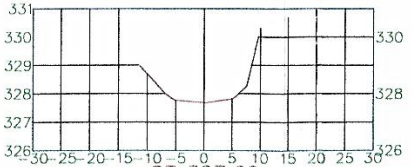
CT: 328.04
CR: 328.04

SECCIÓN 0+160.00



CT: 327.77
CR: 327.77

SECCIÓN 0+220.00



CT: 327.69
CR: 327.69

UNIVERSIDAD NACIONAL
"SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS :
"EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL ENCAUZAMIENTO Y DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO AGUAS ABAJO DEL PUENTE OCUCAJE EN BENEFICIO DE LA POBLACIÓN DEL SECTOR LA BANDA-OCUCAJE-ICA"

PLANO : **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

LAMINA : **LT 02/03**

UBICACION :
C.P. LA BANDA
DIST.: OCUCAJE ; PROV.: ICA ; DPTO.: ICA

FECHA : AGOSTO 2018

ESCALA : 1 : 500

TESISTA : BACH.: ORE MÁVILA; CESAR

UNIVERSIDAD NACIONAL
"SAN LUIS GONZAGA" DE ICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS :
"EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL ENCAUZAMIENTO Y DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO AGUAS ABAJO DEL PUENTE OCUCAJE EN BENEFICIO DE LA POBLACIÓN DEL SECTOR LA BANDA-OCUCAJE-ICA"

PLANO :	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	LAMINA : LT 01/03
UBICACION :	C.P. LA BANDA DIST.: OCUCAJE ; PROV.: ICA ; DPTO.: ICA	
FECHA : AGOSTO 2018	ESCALA : 1 : 500	TESISTA : BACH.: ORE MAVILA; CESAR