

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**TESIS:**

**INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE LA INTERACCIÓN  
SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO  
ESTRUCTURAL DE UN RESERVORIO CIRCULAR APOYADO DE  
CONCRETO ARMADO**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS  
MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL**

Presentada por:

**DANNY GARY OMAR INFANTE MENDO**

Asesor:

**Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**

**Cajamarca - Perú**

**2025**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
Danny Gary Omar Infante Mendo  
DNI: 72050948  
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias. Mención: Ingeniería Civil
2. Asesor: Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
  
Influencia de la Incorporación de la Interacción Suelo - Estructura en el Comportamiento Estructural de un Reservorio Circular Apoyado de Concreto Armado.
6. Fecha de evaluación: **12/05/2025**
7. Software antiplagio:                       TURNITIN                       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **12%**
9. Código Documento: **3117: 458313008**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **02/06/2025**

*Firma y/o Sello  
Emisor Constancia*



.....  
**Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno**  
DNI: 26733060





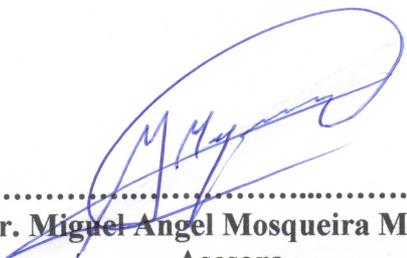
**PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS**

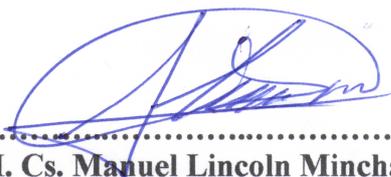
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las *4:00p.m.* horas, del día 13 de Marzo de dos mil veinticinco, reunidos en el **Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Jurado Evaluador presidido por el **M. CS. MANUEL LINCOLN MINCHÁN PAJARES**, **M. CS. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO**, **M. CS. RONALD JESÚS SALAS BERROSPI**, y en calidad de Asesor el **DR. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada **“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN RESERVOIRIO CIRCULAR APOYADO DE CONCRETO ARMADO”**, presentada por el bachiller en Ingeniería Civil **DANNY GARY OMAR INFANTE MENDO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *... APROBADO ...* con la calificación de *... 17... (satisfactorio) ... EXCELENTE ...* la mencionada Tesis; en tal virtud, el bachiller en Ingeniería Civil, **DANNY GARY OMAR INFANTE MENDO**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Siendo las *5:20p.m.* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno**  
Asesora

  
.....  
**M. Cs. Manuel Lincoln Minchán Pajares**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**M. Cs. José Luis Marchena Araujo**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**M. Cs. Ronald Jesús Salas Berrospi**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

*Por su dedicación incansable, su ejemplo de integridad y esfuerzo, y por brindarme siempre las herramientas necesarias para avanzar en mi formación personal y profesional.*

### **A MIS HERMANAS**

*Cuya presencia ha sido sinónimo de alegría, equilibrio y fortaleza. Su cercanía y afecto han representado un refugio invaluable en los momentos de mayor exigencia. Agradezco profundamente su compañía.*

### **A KARINA**

*Por su comprensión, paciencia y respaldo incondicional a lo largo de esta etapa. Su aliento constante y su compromiso han sido claves para mantener el enfoque y la motivación necesarios para culminar este desafío académico.*

**Danny.**

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por haberme otorgado la fortaleza, la disciplina y la serenidad necesarias para afrontar los desafíos de este proceso académico. Su guía ha sido fundamental en cada etapa de esta trayectoria.*

*Al Dr. Miguel Mosqueira, por su valiosa orientación, disposición y rigurosidad académica durante el desarrollo de esta tesis. Su acompañamiento fue clave para alcanzar los objetivos propuestos.*

*A la Universidad Nacional de Cajamarca por brindarme el entorno académico y las herramientas necesarias para mi formación de posgrado. De igual manera, expreso mi gratitud a la EPS SEDACAJ, por facilitar el acceso a la información indispensable para la realización de este trabajo de investigación*

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.1. Contextualización. ....	1
1.1.2. Descripción del problema. ....	3
1.1.3. Formulación del problema. ....	4
1.2. Justificación e importancia.....	4
1.2.1. Justificación científica .....	4
1.2.2. Justificación técnica - práctica .....	5
1.2.3. Justificación institucional y personal .....	5
1.3. Delimitación de la investigación.....	6
1.4. Limitaciones .....	6
1.5. Objetivos .....	7
1.5.1. Objetivo general.....	7
1.5.2. Objetivos específicos.....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>8</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	8
2.1.1. Internacionales. ....	8
2.1.2. Nacionales.....	9
2.1.3. Locales. ....	10
2.2. Marco conceptual.....	10
2.2.1. Tanque. ....	10
2.2.2. Interacción suelo estructura.....	11
2.2.2.1. No linealidad geométrica y física.....	12
2.2.2.3. Efecto del reforzamiento estructural en edificaciones, considerando la interacción suelo - estructura. ....	13
2.2.2.4. Modelos dinámicos de interacción suelo - estructura y trabajo espacial de construcciones. ....	14
2.2.2.5. Modelo dinámico D.D.Barkan - O.A. Savinov.....	17
2.2.2.6. Modelo dinámico V.A, Ilichev. ....	20
2.2.2.7. Modelo dinámico A.E Sargasian .....	22
2.2.2.8. Modelo dinámico de la Norma Rusa. ....	23

<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>27</b>
3.1. Hipótesis .....	27
3.1.1. Hipótesis general .....	27
3.2. Variables/categorías .....	27
3.3. Operacionalización de los componentes de la hipótesis .....	27
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>29</b>
4.1. Ubicación geográfica .....	29
4.2. Diseño de la investigación .....	29
4.2.1. Tipo de investigación .....	29
4.2.2. Metodología .....	30
4.3. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación .....	30
4.3.1. Población .....	30
4.3.2. Muestra .....	30
4.3.3. Unidad de análisis .....	30
4.3.4. Unidad de observación .....	30
4.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....	31
4.5. Equipos y materiales .....	31
4.5.1. Equipos .....	31
4.5.2. Materiales .....	31
4.6. Matriz de consistencia metodológica .....	31
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>33</b>
5.1. Presentación de Resultados .....	33
5.2. Análisis comparativo del diseño tradicional y diseño aplicando interacción suelo estructura.....	57
5.2.1. Modos de vibración.....	57
5.2.2. Fuerzas en los nudos .....	57
5.2.3. Momentos en los nudos.....	58
5.2.4. Nudo de la presión hidrostática.....	60
5.3. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	61
5.4. Contrastación de la hipótesis.....	62
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>63</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	63
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	64
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>65</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de los componentes de las hipótesis .....	28
<b>Tabla 2.</b> Tipo de investigación .....	29
<b>Tabla 3.</b> Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....	31
<b>Tabla 4.</b> Matriz de consistencia metodológica .....	32
<b>Tabla 5.</b> Fuerzas actuantes en los apoyos del reservorio .....	45
<b>Tabla 6.</b> Fuerzas actuantes en el nudo de la presión hidrostática del agua .....	46
<b>Tabla 7.</b> Desplazamientos en los nudos de la idealización de la presión hidrostática .....	46
<b>Tabla 8.</b> Propiedades mecánicas del suelo .....	49
<b>Tabla 9.</b> Fuerzas actuantes en los apoyos del reservorio con interacción suelo - estructura.....	54
<b>Tabla 10.</b> Fuerzas actuantes en el nudo de la presión hidrostática del agua .....	56
<b>Tabla 11.</b> Desplazamientos en los nudos de la idealización de la presión hidrostática con interacción suelo - estructura .....	56
<b>Tabla 12.</b> Modos de vibración de la estructura, de acuerdo al modo de diseño .....	57
<b>Tabla 13.</b> Comparativo fuerzas en los nudos.....	57
<b>Tabla 14.</b> Comparativo momentos en los nudos.....	58
<b>Tabla 15.</b> Nudo de la presión hidrostática.....	60
<b>Tabla 16.</b> Desplazamiento en nudos de la presión hidrostática .....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Modelo de péndulo invertido .....	14
<b>Figura 2.</b> Interacción suelo - estructura planteada como losa rectangular .....	15
<b>Figura 3</b> Modelo de Birulia, basado en elementos finitos .....	15
<b>Figura 4.</b> Modelo propuesto por Ukleba D.K .....	16
<b>Figura 5.</b> Modelo de cuerpo sólido con 6 grados de libertad .....	17
<b>Figura 6.</b> Modelo dinámico V.A. Ilichev .....	20
<b>Figura 7.</b> Diagrama de obtención de resultados .....	33
<b>Figura 8.</b> Modelamiento estructural reservorio R4 con SAP 2000. ....	34
<b>Figura 9.</b> Empotramiento rígido considerado en la base del reservorio. ....	35
<b>Figura 10.</b> Definición de patrones de carga .....	36
<b>Figura 11.</b> Creación de espectro de respuesta.....	36
<b>Figura 12.</b> Creación de cargas .....	37
<b>Figura 13.</b> Modelamiento de la masa impulsiva y convectiva en Reservorio .....	38
<b>Figura 14.</b> Primer modo de vibración, período $T=1.4492$ .....	39
<b>Figura 15.</b> Segundo modo de vibración, período $T=1.41$ .....	39
<b>Figura 16.</b> Tercer modo de vibración, período $T=0.332$ .....	40
<b>Figura 17.</b> Cuarto modo de vibración, período $T=0.3222$ .....	40
<b>Figura 18.</b> Fuerzas cortantes en la base del reservorio.....	41
<b>Figura 19.</b> Momentos en la base del reservorio.....	41
<b>Figura 20.</b> Deformaciones en la losa de fondo .....	42
<b>Figura 21.</b> Fuerzas actuantes en las paredes del reservorio .....	43
<b>Figura 22.</b> Momentos actuantes en paredes del reservorio .....	44
<b>Figura 23.</b> Numeración de los empotramientos rígidos en la base del reservorio.....	44
<b>Figura 24.</b> Nudos en la idealización de la presión hidrostática del agua.....	46
<b>Figura 25.</b> Liberación de los empotramientos de la base del reservorio y creación de la losa de fondo. ....	48
<b>Figura 26.</b> Detalle en elevación del reservorio R4.....	49
<b>Figura 27.</b> Asignación de coeficientes como resortes en la base. ....	50
<b>Figura 28.</b> Base de cimentación con los resortes modelados.....	51
<b>Figura 29.</b> Reservorio con modelo Barkan. ....	51
<b>Figura 30.</b> Deformaciones del reservorio con la presión hidrostática y considerando la interacción suelo - estructura. ....	52
<b>Figura 31.</b> Primer modo de vibración, período $T=1.5320$ .....	52
<b>Figura 32.</b> Segundo modo de vibración, período $T=1.496$ .....	53
<b>Figura 33.</b> Tercer modo de vibración, período $T=0.47245$ .....	53

<b>Figura 34.</b> Cuarto modo de vibración, período $T=0.47096$ .....	54
<b>Figura 35.</b> Nudos en la idealización de la presión hidrostática del agua con modelo dinámico de Barkan .....	55

## RESUMEN

El Perú se encuentra en una zona de alta actividad sísmica debido a la convergencia entre las placas de Nazca y la placa continental, lo que genera una acumulación constante de energía que puede liberarse en forma de sismos de gran magnitud representando un peligro latente. A pesar de este contexto geodinámico, el diseño estructural en el país, regulado por la norma NTE E.030, no considera la interacción suelo-estructura (ISE), asumiendo que las cimentaciones están empotradas en un medio rígido e indeformable. Esta simplificación representa un problema significativo, ya que ignora la naturaleza elástica y deformable de los suelos, lo que puede llevar a un sobredimensionamiento de las estructuras en suelos blandos, a la subestimación de desplazamientos laterales en suelos más rígidos y a fallas en las cimentaciones al no evaluar correctamente los esfuerzos transmitidos al terreno. En este contexto, surge la necesidad de evaluar cómo la consideración de la interacción suelo-estructura puede influir en el diseño estructural, especialmente en infraestructuras críticas como los reservorios de agua. Por ello, la presente investigación se enfoca en analizar y comparar la respuesta estructural del reservorio de concreto armado R4 de Cajamarca mediante dos enfoques; uno tradicional que considera el suelo como un medio rígido e indeformable, y otro que incorpora la interacción suelo-estructura. Para realizar dicho análisis, se ha tomado como base las características estructurales del respectivo reservorio las cuales han sido recopiladas por revisión documental y trabajo de campo. Los resultados obtenidos muestran que la variación de la respuesta estructural del reservorio, esfuerzos y deformaciones, varían hasta en 5%, entre ambos métodos, lo cual verifica que el suelo es un material elástico, capaz de sufrir deformaciones y absorber parte de la energía que se libera durante un sismo.

**Palabras clave:** Reservorio, respuesta estructural, interacción suelo - estructura.

## ABSTRACT

Peru is located in a zone of high seismic activity due to the convergence between the Nazca Plate and the continental plate, which generates a constant accumulation of energy that can be released in the form of large-magnitude earthquakes, posing a latent threat. Despite this geodynamic context, structural design in the country, regulated by the NTE E.030 standard, does not consider soil-structure interaction (SSI), assuming that foundations are embedded in a rigid and non-deformable medium. This simplification represents a significant problem, as it ignores the elastic and deformable nature of soils, which can lead to overdimensioning of structures in soft soils, underestimation of lateral displacements in more rigid soils, and failures in foundations due to incorrect evaluation of stresses transmitted to the ground. In this context, there arises a need to evaluate how considering soil-structure interaction can influence structural design, especially in critical infrastructures such as water reservoirs. Therefore, this research focuses on analyzing and comparing the structural response of the R4 concrete reservoir in Cajamarca through two approaches: a traditional one that considers the soil as a rigid and non-deformable medium, and another that incorporates soil-structure interaction. To conduct this analysis, the structural characteristics of the respective reservoir have been taken as a basis, which were compiled through documentary review and fieldwork. The results obtained show that the variation in the structural response of the reservoir, stresses, and deformations, varies by up to 5% between both methods, verifying that soil is an elastic material capable of undergoing deformations and absorbing part of the energy released during an earthquake.

**Keywords:** Reservoir, structural response, soil-structure interaction.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

#### 1.1.1. Contextualización.

El Perú es considerado uno de los países con mayor riesgo sísmico de América del Sur, el cual a través de la historia ha sufrido la ocurrencia de terremotos de gran magnitud, esto debido a que nuestro país geográficamente está ubicado en el borde occidental de Sudamérica, que es la región con mayor actividad sísmica del mundo, debido al proceso de subducción desencadenado por la convergencia de las placas de Nazca (oceánica) y la placa Sudamericana (continental). Se distinguen dos modos de subducción, subhorizontal en las regiones norte y centro y la subducción normal en la región sur. En la actualidad el proceso de subducción se realiza con velocidades de 7cm a 9cm por año. (IGP, 2014)

En este contexto, el diseño sismorresistente de estructuras adquiere una importancia primordial, especialmente en aquellas edificaciones clasificadas como esenciales o de categoría A según la Norma Técnica Peruana E.030. Dentro de esta categoría se encuentran los reservorios de agua potable, infraestructuras críticas cuyo funcionamiento ininterrumpido es vital para asegurar el suministro de agua a la población, tanto en condiciones habituales como en situaciones de emergencia o de desastre. Estos reservorios desempeñan un papel fundamental en la preservación de la salud pública, la prevención de enfermedades y la mitigación de los impactos socioeconómicos derivados de la interrupción del servicio de agua potable. (SENCICO, 2020)

A pesar de la relevancia de los reservorios, el Perú carece de una normativa específica para su diseño sísmico. En la práctica ingenieril, se recurre a la aplicación combinada de la norma ACI 350 Diseño Sísmico de Tanques de Almacenamiento de Líquidos y la norma E.030 Diseño Sismorresistente de Edificaciones, adaptando los criterios y las metodologías de diseño concebidas para edificaciones convencionales. Sin embargo, esta adaptación presenta limitaciones importantes, especialmente en lo que respecta a la modelización de las condiciones de apoyo de la estructura y la interacción entre ésta y el suelo de cimentación. (MVCS, 2016)

En el diseño estructural tradicional, es común asumir que las estructuras poseen una base rígida, lo que implica despreciar los efectos que las propiedades del suelo puedan tener sobre su respuesta sísmica. Esta simplificación, si bien puede ser razonable en el caso de estructuras cimentadas sobre suelos rocosos o de gran rigidez, resulta inapropiada en suelos blandos o de características geotécnicas desfavorables, donde la interacción entre la estructura y el suelo puede modificar significativamente su comportamiento dinámico. (Fernández , Fernández , & Cobleo , 2023)

La metodología de la interacción suelo - estructura, que considera la estructura, la cimentación y el suelo circundante como un sistema interactuante, aún no se encuentra ampliamente estudiada, pero ofrece una alternativa más realista y precisa para el análisis y diseño sismorresistente de reservorios. (Villareal, 2020)

La interacción suelo - estructura consiste en un conjunto de efectos cinemáticos e inerciales producidos en la estructura y el suelo como resultado de la flexibilidad de este ante sollicitaciones dinámicas. (Tena, 2019)

Históricamente, el diseño de reservorios en Cajamarca y otras regiones del Perú ha seguido este enfoque tradicional de base firme, sin considerar la interacción suelo-estructura. Manteniendo ese gran desafío al ser una práctica que puede conducir a una representación inadecuada de las fuerzas internas, los desplazamientos y las deformaciones que se desarrollan en la estructura durante un evento sísmico, lo que compromete su seguridad y funcionalidad. En particular, la omisión de la ISE puede generar una sobreestimación de las fuerzas sísmicas en la base del reservorio, resultando en estructuras sobredimensionadas y costosas, o, por el contrario, una subestimación de los desplazamientos laterales y las sollicitaciones en los elementos estructurales, lo que incrementa el riesgo de daños y colapso. (SENCICO, 2020)

A pesar de sus ventajas, la aplicación de la interacción suelo-estructura en el diseño de reservorios en el Perú aún es limitada. Esto se debe, en parte, a la falta de experiencia en el uso de esta metodología, la carencia de guías y recomendaciones específicas, y la ausencia de modelos de suelo validados para las condiciones geotécnicas locales. Si bien el numeral 30.2.6 del artículo 30 de la norma E.030, permite considerar la flexibilidad del sistema de cimentación, no se proporcionan lineamientos claros sobre cómo implementar la ISE en la práctica. En este contexto, surge la necesidad de investigar y promover el uso de la ISE en el diseño de reservorios en el Perú, con el fin de mejorar su seguridad y resiliencia ante la ocurrencia de eventos sísmicos. (SENCICO, 2020)

La presente investigación, estudia el fenómeno de interacción suelo - estructura en un reservorio circular de concreto armado, tomando las características estructurales del reservorio circular R4 de la ciudad de Cajamarca. Se analizará el efecto que tiene la cimentación sobre el suelo de fundación, cuantificando si la respuesta estructural aumenta o disminuye en comparación con el método de diseño tradicional que considera una base empotrada. Los resultados de este estudio permitirán evaluar la viabilidad y los beneficios de incorporar la interacción suelo - estructura en el diseño de reservorios en el Perú, y contribuirán a generar recomendaciones para la actualización de las normas y los procedimientos de diseño sismorresistente de estas infraestructuras esenciales.

### **1.1.2. Descripción del problema.**

El Perú es un país altamente sísmico y según la clasificación mundial le corresponde 9 grados en la escala de Mercalli Modificada. Millones de peruanos están expuestos a la amenaza latente de un sismo o terremoto de gran magnitud. (Villareal, 2020)

Los reservorios son estructuras de almacenamiento de agua, y se encuentran clasificados como estructuras esenciales según la norma E.030, este tipo de estructuras deben ser capaces de resistir un evento sísmico y continuar con el abastecimiento de agua a la población, después de ocurrido el siniestro.

En la actualidad, en el Perú no contamos con una norma de diseño sísmico de reservorios, es por ello, que se debe utilizar la norma ACI 350 - Diseño sísmico de estructuras contendoras de líquidos y la norma E.030 - Diseño sismorresistente de edificaciones, para desarrollar el diseño sísmico de este arquetipo de estructuras. Adicional a ello, consideramos al suelo como un elemento infinitamente rígido, el cual no sufre deformaciones durante la ocurrencia de un sismo, en cambio, la interacción suelo - estructura considera las propiedades elásticas del suelo, las cuales proporcionan amortiguamiento y absorben parte de la energía generada durante el movimiento sísmico, por lo que, los esfuerzos generados que llegan a la superestructura son menores. Esta metodología aún no se encuentra ampliamente estudiada, pero puede ser muy beneficiosa al momento de realizar el diseño estructural.

Se debe comprender como interacción suelo - estructura, a los esfuerzos y deformaciones que se exponen tanto en el suelo como en la estructura. Esto debido a la interacción entre ambos ocasionada por la diferencia de rigideces de los materiales

que los integran. Los movimientos que el terreno de apoyo experimenta, debido a la presencia de la estructura, tenderán a ser poco significativos mientras más rígido sea el suelo en relación con la rigidez de la cimentación (Arias M., 2016).

El fenómeno interacción suelo - estructura, aún no está ampliamente estudiado, y su aplicación puede resultar muy beneficiosa, tanto técnica como económica, ya que, al calcular el aporte que tiene al suelo en absorber parte de la energía liberada durante sismo, serán menores los esfuerzos que llegan a la superestructura; en consecuencia, los elementos estructurales pueden ser de menor dimensión o contar con menor refuerzo, lo cual significa un ahorro al momento de la construcción.

La presente investigación tiene como finalidad analizar la interacción suelo-estructura, en un reservorio circular apoyado de concreto armado, tomando como base las características estructurales del reservorio R4 de la ciudad de Cajamarca, esto por la información con la que se cuenta de dicha estructura.

Se realizó el modelamiento de la estructura con ayuda de programas computacionales, incorporando las propiedades del suelo, y finalmente se analizará si la respuesta estructural del reservorio, es mejor incorporando la interacción suelo - estructura, o con un análisis considerando un empotramiento rígido en la base.

### **1.1.3. Formulación del problema.**

#### *Problema general*

- ¿En qué medida influye la incorporación de la interacción suelo-estructura, en el comportamiento estructural de un reservorio circular apoyado de concreto armado?

## **1.2. Justificación e importancia**

### **1.2.1. Justificación científica**

En la actualidad no sabemos el momento preciso en el cual puede ocurrir un sismo, ni la magnitud que este puede tener, es por ello, que las estructuras deben estar diseñadas para poder resistir el evento sísmico, cumpliendo con lo establecido en las normas de diseño sísmico.

Actualmente, el Perú no cuenta con una norma para el diseño sísmico de reservorios, por lo que tenemos que utilizar la norma ACI 350- Diseño sísmico de

estructuras contendoras de líquidos, y la norma E. 030- Diseño sismorresistente, para realizar el diseño sísmico de este tipo de estructuras.

De igual manera, no se tiene en consideración la interacción suelo - estructura, en el diseño sísmico de una estructura, ya que es un tema que aún no está ampliamente estudiado, y siempre consideramos al suelo de fundación como un elemento infinitamente rígido.

Al considerar el suelo como un elemento elástico capaz de sufrir deformaciones, este absorbería parte de la energía liberada por el sismo, en consecuencia, los esfuerzos que llegan a la superestructura serían menores, es por ello, que los elementos estructurales pueden ser de menor dimensión o requerirán un menor refuerzo, resultando en menores costos de construcción

### **1.2.2. Justificación técnica - práctica**

Esta investigación analizó el método de interacción suelo-estructura, en un reservorio circular apoyado de concreto armado, ya que es una estructura esencial que debe seguir en funcionamiento después de ocurrido un evento sísmico; comparando la respuesta estructural que brinda un reservorio, primero considerando una base rígida y luego aplicando la interacción suelo - estructura, para comprobar como modifica el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico y si optimiza su comportamiento estructural.

La norma E.030, permite el modelamiento de estructuras considerando una base rígida o considerando la flexibilidad en la base, es por ello que se aplicará en un modelo estructural con las características del reservorio R4 de la ciudad de Cajamarca, debido a la información con la que cuenta el investigador, lo cual no limita su aplicación en otros reservorios de similares características y propiedades de suelo similares.

### **1.2.3. Justificación institucional y personal**

Esta investigación ampliará el estudio de la interacción suelo - estructura, al aplicarla en un reservorio que va a ser modelado teniendo como base un reservorio de nuestro medio, con lo cual se puede aplicarse en el diseño de futuros reservorios que realicen las instituciones de nuestro medio y de igual manera ampliará el estudio de la interacción suelo - estructura, el cual es un método que aún no se encuentra completamente desarrollado.

### **1.3. Delimitación de la investigación**

Esta investigación se enfocará en analizar y estudiar el efecto de la interacción suelo - estructura, en un reservorio circular apoyado de concreto armado, tomando las características estructurales del reservorio R4 de la ciudad de Cajamarca.

Para la realización del análisis primero se obtuvieron las propiedades mecánicas del suelo, a través de un ensayo de mecánica de suelos. Posteriormente se realizó un modelo estructural con la ayuda del programa SAP 2000, luego se analizó el modelo considerando una base rígida y un segundo análisis considerando la interacción suelo estructura, incorporando las propiedades mecánicas del suelo obtenidas del EMS.

La investigación se ha desarrollado tomando como base las características estructurales del reservorio R4 de la ciudad de Cajamarca, el cual se encuentra ubicado en la parte alta del sector Mollepampa, en el barrio Santa Elena, de la ciudad de Cajamarca. Se toma como modelo este reservorio, debido a que el investigador cuenta con información técnica del mismo (planos, estudios, entre otros).

El reservorio R4 tiene una capacidad de 1500 m<sup>3</sup>, radio de 8 m y altura de 11.50 m, además, la altura del nivel de agua es de 7.50 m, todos los elementos estructurales son de concreto armado, con resistencias de diseño de  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ , en las paredes y  $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$  en los demás elementos.

### **1.4. Limitaciones**

Algunas limitaciones que se pueden mencionar son las siguientes:

- La presente investigación solo puede ser aplicada a reservorios de similares características geométricas, estructurales y de cimentación.
- Aplicación de otros métodos de interacción suelo - estructura.
- No se pudo realizar ensayos in-situ, por lo cual la EPS Sedacaj, ha proporcionado el estudio de mecánica de suelos del reservorio R6, que se ubica al lado del reservorio R4, a unos 5 metros de distancia.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general.**

- Determinar la influencia de la incorporación de la interacción suelo - estructura en el comportamiento estructural de un reservorio circular apoyado de concreto armado de 1500 m<sup>3</sup>.

### **1.5.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la respuesta estructural que brinda el reservorio circular apoyado de concreto armado de 1500 m<sup>3</sup>, considerando una base rígida.
- Determinar la respuesta estructural que brinda el reservorio circular apoyado de concreto armado de 1500 m<sup>3</sup>, considerando la interacción suelo - estructura.
- Comparar los resultados obtenidos, de ambos métodos de análisis.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Internacionales.**

El estudio realizado por Tena Colunga Arturo, en México (2019), denominado “Interacción suelo-estructura. reflexiones sobre su importancia en la respuesta dinámica de estructuras durante sismos”, concluye que, en los suelos blandos no se debe bosquejar estructuras sin tomar en cuenta la interacción suelo estructura, ya que los impactos no se reflejarán en la modificación de las propiedades dinámicas y en las fuerzas de diseño, sino que se debe estimar el impacto de los desplazamientos totales de la estructura.

Una investigación experimental de Ormeño, Lankin y Chouw, en Nueva Zelanda (2019), examinaron el impacto de la base flexible en la respuesta sísmica de tanques de almacenamiento de líquidos. Los hallazgos de este estudio demuestran que, en la mayoría de los casos examinados, se observaron desplazamientos y aceleraciones máximos cuando el tanque se fundó sobre arena, sugiriendo que durante un sismo los efectos de una base flexible probablemente aumentarán la probabilidad de dañar las conexiones entre los sistemas de tuberías y los tanques de almacenamiento. Además, Si bien los efectos de una base flexible son beneficiosos en términos de esfuerzos de compresión axial, un diseño holístico de los tanques de almacenamiento debe considerar el impacto de los desplazamientos y aceleraciones en las conexiones con las estructuras adyacentes. Un análisis numérico corrobora los resultados obtenidos de los experimentos.

El estudio realizado por Tsiapanitis, Tsompanakis y Psarropoulos, en Grecia (2020), examina el impacto de la interacción dinámica suelo - estructura (DSSI) en tanques de almacenamiento de líquidos, resaltando cómo las condiciones del suelo pueden amplificar o desamplificar el movimiento transmitido a la estructura, modificando su período de resonancia y amortiguamiento. El análisis numérico se centra en tanques cilíndricos de acero, tanto bajos como esbeltos, bajo distintas condiciones de cimentación y movimientos sísmicos. Se emplea un modelo simplificado de resorte-masa para capturar la respuesta global, resultando eficiente para evaluar aceleraciones y fenómenos de deslizamiento y elevación de la base. El estudio subraya la necesidad

de considerar la DSSI para una evaluación precisa del desempeño estructural, especialmente en estructuras críticas ubicadas en suelos blandos, donde la interacción puede afectar significativamente la seguridad y estabilidad del tanque.

El estudio realizado Jing, W., Shen, J., Cheng, X., y Yang, realizado en la República de China (2022), denominado “Respuestas sísmicas de un tanque de almacenamiento de líquidos considerando la interacción estructura-suelo-estructura”, indican resultados que muestran que el efecto de grupo amplificó la tensión efectiva de la pared del tanque, la altura de la ola de chapoteo del líquido y el desplazamiento horizontal de la cimentación. Bajo las ondas El Centro y Northridge, las tensiones efectivas de la pared del tanque se amplificaron en un 10,07 % y un 35,54 %, respectivamente. Los efectos del parámetro de deformación de la cimentación (módulo elástico) y de los parámetros de resistencia (cohesión y ángulo de fricción) sobre la respuesta dinámica de los tanques de almacenamiento de líquidos fueron diferentes. Sin embargo, en la mayoría de los casos, salvo la tensión de compresión axial, el coeficiente de influencia del efecto de grupo correspondiente a la tensión efectiva, la altura de la ola de chapoteo del líquido y el desplazamiento horizontal de la cimentación fue positivo. La influencia del efecto de grupo sobre la respuesta dinámica del tanque de almacenamiento de líquidos ante un sismo es crucial.

### **2.1.2. Nacionales.**

El estudio realizado por Rodríguez Huisa, Eber (2019) denominado “Análisis de la interacción dinámica líquido - estructura - suelo en el diseño sísmico de reservorios apoyados en la ciudad de Puno”, concluyo que las características fundamentales que influyen en el análisis incluyen la resistencia del terreno, el grado de fricción interna, la densidad aparente y el parámetro conocido como módulo de balasto, el cual depende directamente de la capacidad de soporte del suelo. Por otro lado, al examinar reservorios de geometría circular, se reportó que la interacción entre el líquido contenido, la estructura y el terreno presenta fluctuaciones mínimas de 2.80%, máximas de 30.11% y 8.64% en promedio, asociadas a las aceleraciones espectrales de diseño ACI 350.3-06 y a la normativa nacional peruana (NTE E.030-2018).

El estudio realizado por Cusimayta Gonzales y Velarde Salazar (2019), denominado “Influencia de la interacción suelo - estructura en fuerzas internas y deformaciones de una muestra de reservorios tipo INTZE de volúmenes de 800m<sup>3</sup>, 1000m<sup>3</sup> y 1500m<sup>3</sup>”, concluyen que la interacción entre la estructura y el suelo (ISE), el periodo fundamental del sistema tiende a incrementarse a medida que el terreno es

menos rígido. Para los modelos de base empotrada el periodo esencial es casi el mismo en los diferentes tipos de suelos (debido a que la rigidez del fuste se definió a partir de un criterio de diseño del ACI 307-48).

El estudio realizado por Tunque, Carlos (2018), denominado “Análisis y diseño de un reservorio apoyado según el código ACI .350; tomando como base el modelo mecánico equivalente propuesto por G.W. Housner, concluye que el proceso metodológico del análisis sísmico por el código ACI350 que se determinó en esta investigación, depende de la geométrica de la estructura y del líquido almacenado, debido a que las masas dinámicas utilizadas en el modelo de Housner (masa convectiva y masa impulsiva) están relacionados al volumen del líquido y por ende es necesario conocer la geometría de la estructura y del líquido contenido - nivel del agua, como inicio para comenzar a determinar los resultados cuantitativos que nos arrojará en este análisis.

### **2.1.3. Locales.**

En el estudio realizado por Garay Chávez, Rigo, (2017), denominado “Influencia de la interacción suelo - estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto Multifamiliar los Balcones del Valle, barrio Columbo Cajamarca” concluyó que la incorporación de la interacción suelo - estructura en el análisis sísmico de una edificación influye directamente en la determinación de los parámetros de cálculo. Una comparación entre un modelo empotrado y considerando la interacción suelo estructura permite que:

- El periodo de la primera forma de vibración libre, aumente hasta un 23.78% observado en el modelo dinámico de Ilichev.
- La frecuencia de la primera forma de vibración libre, disminuya en 19.21% observado en el modelo dinámico de Ilichev.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Tanque.**

Es un depósito o reservorio que tiene una parte superior abierta o cerrada y que puede estar construido total o parcialmente de concreto. (ACI Commite 350, 2001).

### **2.2.2. Interacción suelo estructura.**

Se debe entender como Interacción suelo-estructura a los esfuerzos y deformaciones que se presentan tanto en el suelo como en la estructura debido a la interacción entre ambos, causada por la diferencia entre las rigideces de los materiales que los constituyen. (Arias M., 2016)

La interacción dinámica suelo-estructura consiste en un conjunto de efectos cinemáticos e inerciales producidos en la estructura y el suelo como resultado de la deformabilidad de éste, ante excitación sísmica. La interacción modifica las propiedades dinámicas relevantes que tendría la estructura supuesta con base indeformable, así como las características del movimiento del suelo en la vecindad de la cimentación, la interacción puede ocasionar considerables incrementos o reducciones de la respuesta estructural, dependiendo de la relación entre los periodos fundamentales de la estructura y el sitio. (Aviles & Perez Rocha, 2004)

El diseño y análisis de numerosas estructuras de ingeniería civil, como edificios, puentes, túneles, etc., se ve afectado en gran medida por la interacción entre el suelo y las estructuras, conocida como SSI. Este complejo comportamiento incluye la transferencia de cargas y deformaciones entre la estructura y el suelo. Un elemento clave para determinar la respuesta de un edificio a un sismo es el acoplamiento dinámico entre el suelo de soporte y la estructura durante eventos sísmicos. Esto puede modificar significativamente la respuesta estructural, modificando así las frecuencias naturales del sistema, las formas modales y las demandas sísmicas (Bharti et al., 2025)

Cabe indicar que en la actualidad este problema aún está lejos de su verdadera formulación, ya que su modelo matemático correcto tiene un sinnúmero de espectros de solución que merecen un trabajo científico. En las investigaciones actuales se han resuelto varios aspectos de este problema. Por ejemplo, cuando la base es considerada como un semiespacio elástico y la acción sísmica como un proceso ondulatorio, se resolvieron varios problemas de difracción de ondas en la cimentación, el cual ha determinado el carácter de la acción sísmica en la edificación. (Villareal, 2020)

### **2.2.2.1. No linealidad geométrica y física**

El problema de la no-linealidad geométrica es actual y se aplica más que todo para estructuras flexibles, influyendo directamente en los resultados del análisis sísmico. (Villareal, 2020)

Otra cosa es cuando se trata de la no-linealidad física. Este problema tiene sus puntos claros y puede ser formulado, considerando las propiedades de los materiales de construcción, a través de los diagramas no-lineales esfuerzo-deformación o fuerza-desplazamiento. Este tema es muy importante para obras de concreto armado. Como es conocido, en este caso la aproximación verdadera del diagrama de deformación lineal viene a ser bastante problemática, en especial cuando se trata de acciones externas altamente intensas, lo cual es característico para sismos severos. (Villareal, 2020)

Cabe indicar, que en la actualidad ya se tienen investigaciones parcialmente concluidas relacionadas con este tema, como son las realizadas por N.A. Nikolaenko, Yu.P. Nazarov, V.A. Rzhovski y otros más. (Villareal, 2020)

### **2.2.2.2. Trabajo espacial y múltiples componentes de la acción sísmica.**

En la teoría actual de construcciones antisísmicas, altamente investigadas a nivel internacional, se ha llegado a la conclusión que el esquema de cálculo normativo aún está lejos de reflejar el trabajo real de las edificaciones ante los sismos. (Villareal, 2020)

En las normas de estructuras aún se sigue usando el esquema de cálculo de péndulo invertido, el cual no refleja el trabajo real de la estructura, salvo casos parciales. En cambio, el esquema de cálculo espacial si refleja el estado esfuerzo deformación de la edificación. (Villareal, 2020)

Este tipo de cálculos, requiere el uso y aplicación de programas informáticos de acorde con sus normas de diseño sismorresistente. Por ejemplo, en Rusia principalmente se usan los programas LIRA, SCAD y STARK; en EEUU los programas SAP2000, ETABS, STAAD y COSMOS; en Francia e Inglaterra el programa ROBOT MILLENNIUM y en otros países estos mismos programas adaptados a sus normas u otros programas estructurales. Cabe indicar que el esquema de cálculo espacial se asocia directamente con la consideración moderna de la acción sísmica en la forma de múltiples componentes, que determinan el vector y momento principal de esta acción. (Villareal, 2020)

### **2.2.2.3. Efecto del reforzamiento estructural en edificaciones, considerando la interacción suelo - estructura.**

El avance de la Mecánica Estructural y la Teoría de Edificaciones, aplicados a la construcción de edificios altos, han originado dos tendencias de cálculo. La primera de ellas se fundamenta en el modelo de péndulo invertido o pórtico plano para el análisis de edificaciones con esquemas constructivos complejos. La segunda tendencia se basa en el análisis espacial de la estructura. Los ensayos experimentales y las enseñanzas dejadas por los sismos nos han demostrado, que independientemente del número de pisos, propiedades constructivas y tipo de perturbación externa, las edificaciones se comportan como sistemas espaciales. Sin embargo, los trabajos relacionados con el cálculo espacial de edificaciones son muy pocos, pero en la actualidad con ayuda de la informática es posible, pudiendo aplicar a cualquier tipo de realidad y norma constructiva, caso excepcional se hará una adaptación a la misma. (Villareal, 2020)

Los estudios de parámetros económicos de cálculo sísmico de edificios son bastante reducidos, debido a las insuficientes características de la efectividad económica de las medidas antisísmicas. S.V. Medvedev en su trabajo obtuvo la efectividad económica de las medidas antisísmicas con ayuda de la comparación de los daños del sismo en las edificaciones sin medidas antisísmicas con los daños en edificaciones con medidas antisísmicas. De acuerdo a sus cálculos las pérdidas en las edificaciones sin medidas antisísmicas para sismos de 7, 8 y 9 grados le corresponden 14%, 32 %y 103% y en las edificaciones con medidas antisísmicas 6%, 12% y 22% de su valor total. (Villareal, 2020)

La valoración económica de restauración de daños en edificaciones, es insuficiente determinarlos solo en base a principios factibles. En la sismicidad de las edificaciones, influyen muchos otros factores, como el esquema constructivo, parámetros dinámicos, resistencia de los materiales de las estructuras portantes, interacción suelo - estructura, calidad de la mano de obra, montaje estructural, período de servicio remanente, zona sísmica, desgaste estructural y otros más. (Villareal, 2020)

A.I. Martemianov y V.V. Shirin analizaron la efectividad económica del reforzamiento estructural en edificaciones con diferentes niveles de defensa sísmica. Ellos calcularon que en caso los gastos iniciales de defensa sísmica sean iguales a 8% del valor de la edificación, entonces los daños para sismos de 6, 7 y 8 grados serán del 2%, 6% y 16%; y si los gastos iniciales son solo del 4% del total de la edificación,

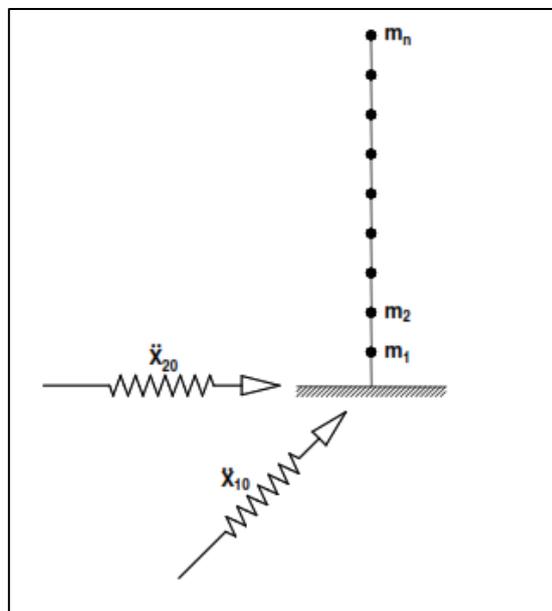
entonces los daños para sismos de 6 y 7 grados serán correspondientemente el 5% y 9% de su valor total. (Villareal, 2020).

#### 2.2.2.4. Modelos dinámicos de interacción suelo - estructura y trabajo espacial de construcciones.

En las normas de Rusia, EEUU y de otros países se usa el modelo de péndulo invertido sin peso, con masas puntuales a nivel de entrepisos y empotrado en la base (suelo), el cual puede comunicar a la estructura la acción sísmica externa en dos direcciones mutuamente perpendiculares  $X_{10}$  y  $X_{20}$  (fig. 1). Este modelo presenta las siguientes insuficiencias: se pierde la posibilidad de descripción de diversos efectos dinámicos del trabajo real de la estructura; no se muestra el sentido físico de la interacción suelo-estructura. Debido a las deformaciones y desplazamientos del suelo que interactúa con la estructura, así como debido a la deformación de los primeros niveles de ciertas construcciones, la acción sísmica que está sometido la estructura se diferencia del movimiento sísmico del suelo. (Villareal Castro, 2007)

**Figura 1.**

*Modelo de péndulo invertido*

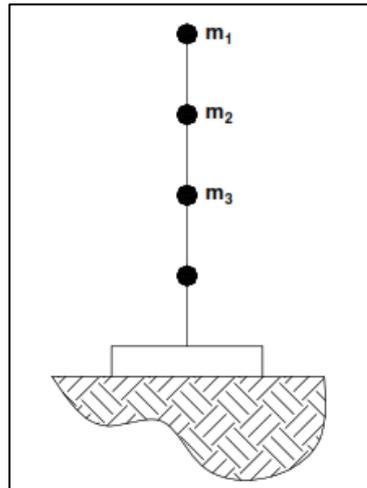


*Nota:* Obtenido de Interacción Suelo - Estructura en Edificios Altos, Villareal 2007

En la conferencia de Kobori T. y otros (Japón), la interacción suelo-estructura fue planteada en forma de una losa rectangular (fig. 2). Se consideró que la losa de cimentación se desplaza por el suelo y gira alrededor del plano vertical, así como parcialmente se puede despegar de la superficie del terreno. (Villareal Castro, 2007)

**Figura 2.**

*Interacción suelo - estructura planteada como losa rectangular*

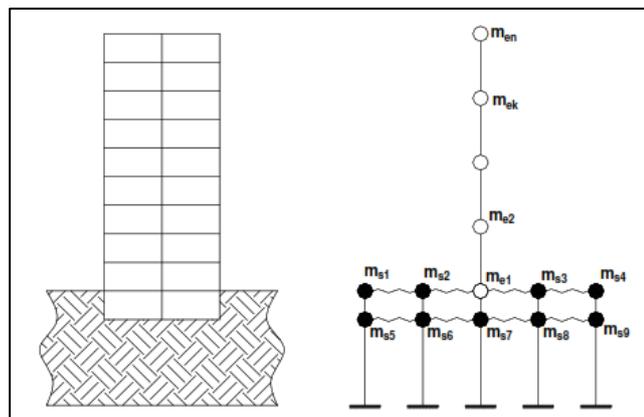


*Nota:* Obtenido de Interacción Suelo - Estructura en Edificios Altos, Villareal 2007

En el trabajo de Birulia D.N. (Rusia), basado en el método de elementos finitos con la ayuda de IBM M-220M, se investigó las reacciones dinámicas de una edificación rígida (edificio multifamiliar de grandes paneles de serie 1-464AC), considerando la interacción suelo-estructura. La edificación se modeló en forma de una placa deformable, dividida en elementos finitos, en cuyos nudos se concentraron masas puntuales (problema lineal geométrico). La base de fundación se modeló en forma análoga a una losa. Ambas estructuras se unieron elásticamente (fig. 3), siendo sometidas a la acción sísmica aproximada de una parte del acelerograma S69°E del sismo Taft (California, 1952). (Villareal Castro, 2007)

**Figura 3**

*Modelo de birulia, basado en elementos finitos*

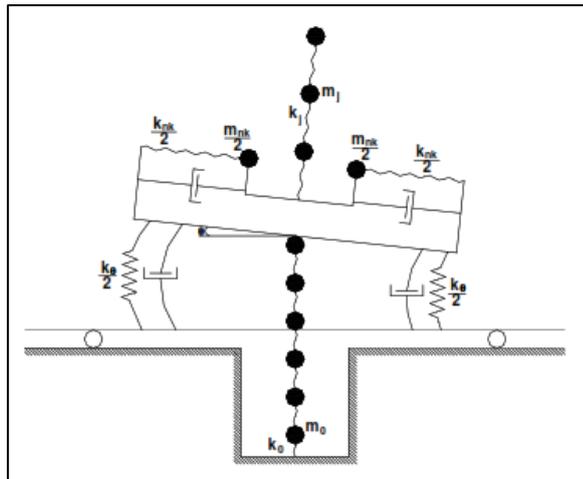


*Nota:* Obtenido de Interacción Suelo - Estructura en Edificios Altos, Villareal 2007

En el trabajo de Ukleba D.K. (Uzbekistán) se propuso el modelo de cálculo (fig. 4), que considera la deformación conjunta elasto-plástica de la estructura y el suelo de fundación ante la acción sísmica. Se denomina genérico a este tipo de modelos y viene a ser la prolongación del desarrollo del modelo de péndulo invertido con masas puntuales. Este modelo en cierto modo considera los desplazamientos horizontales del estrato de suelo. (Villareal Castro, 2007)

**Figura 4.**

*Modelo propuesto por Ukleba D.K*

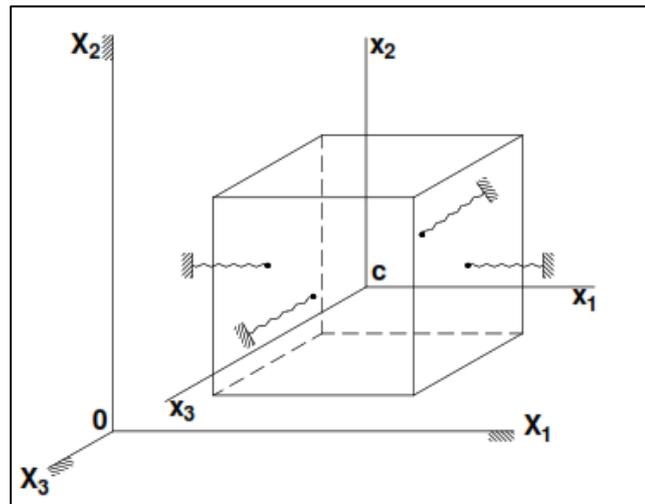


*Nota:* Obtenido de Interacción Suelo - Estructura en Edificios Altos, Villareal 2007

La calidad de los trabajos de Nikolaenko N.A. y Nazarov Yu.P., se consideran como un nuevo paso en la creación de nuevos modelos de cálculo. Ellos propusieron como base del modelo de cálculo un cuerpo sólido con 6 grados de libertad (fig. 5). Tal propuesta describe claramente las vibraciones de desplazamiento y giro, así como los efectos dinámicos del trabajo espacial de la estructura. Por ejemplo, los desplazamientos finitos y ángulos de giro (no-linealidad geométrica) no son artificios, sino que se obtienen por el movimiento del mismo modelo. Basándonos en dicho modelo de cálculo, se puede describir en forma unificada el movimiento de la estructura, considerando o no el desplazamiento del suelo de fundación. (Villareal Castro, 2007)

**Figura 5.**

*Modelo de cuerpo sólido con 6 grados de libertad*



*Nota:* Obtenido de Interacción Suelo - Estructura en Edificios Altos, Villareal 2007

El problema de la consideración de las propiedades del suelo en el cálculo de edificios ante la acción sísmica, tiene como objetivo la determinación de las perturbaciones cinemáticas sísmicas, que surgen consecuentemente en la edificación. (Villareal Castro, 2007)

La interacción sísmica suelo-estructura, se resuelve, fundamentalmente introduciendo los coeficientes de rigidez del suelo en las direcciones horizontal, vertical y giros respecto a los mismos ejes. (Villareal Castro, 2007)

La modernización de los métodos de cálculo de interacción suelo-estructura está dada por la consideración inercial del suelo de fundación, esto es por la masa del suelo unido a la edificación. (Villareal Castro, 2007)

#### **2.2.2.5. Modelo dinámico D.D.Barkan - O.A. Savinov.**

Como resultado de muchas investigaciones experimentales para determinar los coeficientes de rigidez de las cimentaciones, el científico ruso D.D. Barkan en el año 1948 propuso utilizar las siguientes expresiones: (Villareal, 2020)

$$K_z = C_z A$$

$$K_x = C_x A$$

$$K_\varphi = C_\varphi I$$

Donde:

$C_x$  = coeficiente de desplazamiento elástico uniforme. (Kg/m<sup>3</sup>)

$C_z, C_\varphi$  = coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme. (Kg/m<sup>3</sup>)

A = área de la base de la cimentación (m<sup>2</sup>)

I = momento de inercia de la base de la cimentación respecto al eje principal, perpendicular al plano de vibración. (m<sup>4</sup>) (Villareal, 2020)

Por cuanto los coeficientes  $C_z, C_x, C_\varphi$ , dependen no solo de las propiedades elásticas del suelo, sino de otros factores, es necesario analizarlos como ciertas características generalizadas de la base de fundación. (Villareal, 2020)

Con el propósito de obtener las fórmulas de cálculo para los coeficientes  $C_z, C_x, C_\varphi$ , analizamos dos modelos: modelo del semiespacio elástico isotrópico con poco peso y el modelo M.M. Filonenko-Borodich. (Villareal, 2020)

Como resultado de la investigación se obtuvieron las siguientes expresiones: (Villareal, 2020)

$$C_z = \chi_z \cdot \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{A}}$$
$$C_x = \chi_x \cdot \frac{E}{(1 + \chi_x \mu)(1 + \mu)} \cdot \frac{1}{\sqrt{A}}$$
$$C_\varphi = \chi_\varphi \cdot \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{A}}$$

Donde:

$\chi_z, \chi_x, \chi_\varphi$  - coeficientes, dependientes de la relación de las dimensiones de la base de la cimentación;

$\mu$  - coeficiente de Poisson. (Villareal, 2020)

Los experimentos realizados por diversos investigadores, nos mostraron, que las fórmulas nos llevan a ciertos errores, aunque estas dependencias en sentido general son cercanas a la realidad. (Villareal, 2020)

Las principales deficiencias de este modelo, consiste en que no describe la dependencia entre los coeficientes  $C_z$ ,  $C_x$ ,  $C_\varphi$ , con las dimensiones de la base de la cimentación, y lo que es mucho más importante, no considera las propiedades inerciales de los suelos. (Villareal, 2020)

Las siguientes precisiones de tal modelo se realizaron en base a las investigaciones teóricas, efectuadas por el científico O.A. Shejter para el problema de vibraciones forzadas de un cuño circular muy pesado, apoyado sobre un semiespacio elástico isotrópico pesado. Aunque la concepción de masa “adherida” del suelo, introducida por O.A. Shejter, no tuvo una repercusión directa, las investigaciones teóricas y experimentales permitieron identificar la dependencia de los coeficientes  $C_z$ ,  $C_x$ ,  $C_\varphi$  con la presión estática  $\rho$ , que transmite la cimentación a la base. (Villareal, 2020)

La forma final para determinar los coeficientes de compresión y desplazamiento de la base en el modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov es: (Villareal, 2020)

$$C_z = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta \cdot A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

$$C_x = D_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta \cdot A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

$$C_\varphi = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta \cdot A} \right] \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

Donde:

$C_0$ ,  $D_0$ - coeficientes determinados a través de experimentos realizados para  $\rho = \rho_0$ .

$a$ ,  $b$  - dimensiones de la cimentación en el plano;

$\Delta$  - coeficiente empírico, asumido para cálculos prácticos igual a  $\Delta=1m^{-1}$  (Villareal, 2020)

Para el coeficiente  $D_0$ , como se mostraron en los experimentos, se puede utilizar la dependencia empírica:

$$D_0 = \frac{1-\mu}{1-0,5\mu} \cdot C_0$$

Para cálculos prácticos se recomienda utilizar las siguientes fórmulas:

$$C_0 = 1,7 \cdot \frac{E_0}{1 - \mu^2} \cdot 10^{-3} \left( \frac{kg}{cm^3} \right)$$

$$D_0 = 1,7 \cdot \frac{E_0}{(1 + \mu)(1 - 0,5\mu)} \cdot 10^{-3} \left( \frac{kg}{cm^3} \right)$$

$E_0$  - módulo de elasticidad, calculado experimentalmente para presión estática del suelo de 0,1-0,2kg/cm<sup>2</sup>. (Villareal, 2020)

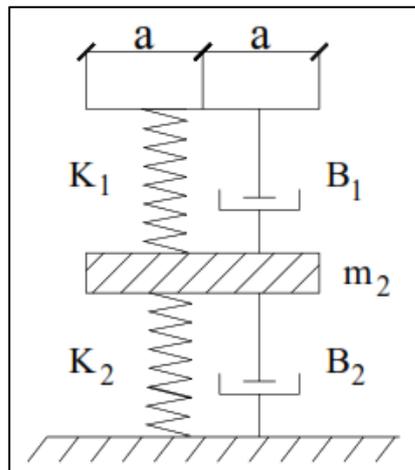
También se pueden usar los valores del coeficiente  $C_0$  cuando  $\rho_0=0.2\text{kg/cm}^2$ , elegidos de acuerdo al tipo de suelo de la base de fundación. (Villareal, 2020)

### 2.2.2.6. Modelo dinámico V.A. Ilichev.

El modelo dinámico V.A. Ilichev fue elaborado para ser aplicado a problemas ondulatorios de interacción suelo-estructura, modelado como un semiespacio elástico. En un inicio el esquema de cálculo de este modelo se aplicó a problemas de vibraciones verticales de cimentaciones circulares, apoyados sobre un semiespacio elástico isótropo. El esquema de cálculo de este modelo se muestra en la siguiente figura: (Villareal, 2020)

**Figura 6.**

*Modelo dinámico V.A. Ilichev*



*Nota:* Obtenido de Interacción Suelo - Estructura en Edificios Altos, Villareal 2007

La parte superior del sistema es una placa sin peso, donde el resorte con rigidez  $K_1$  y el amortiguador  $B_1$  modelan el efecto creado por las ondas longitudinales. Los

parámetros  $K_1$  y  $B_1$  dependen del radio de la placa, densidad del material del semiespacio y velocidad de las ondas longitudinales; y no depende del coeficiente de Poisson y velocidad de ondas transversales. A la parte inferior del sistema le corresponde el comportamiento dinámico de la placa ante las ondas transversales y de Rayleigh. Los parámetros  $m_2$ ,  $B_2$ ,  $K_2$  también dependen de las dimensiones de la placa y densidad del medio, pero a diferencia de los parámetros del sistema superior, dependen de  $\mu$  y  $C_2$ ; más no dependen de la velocidad de las ondas longitudinales. Asimismo, en el modelo se ha dividido la influencia de las ondas longitudinales en las transversales, así como las ondas Rayleigh en el movimiento de la placa. (Villareal, 2020)

Las ondas longitudinales crean la resistencia al movimiento de la placa (cimentación), dependiente de su desplazamiento y velocidad. Las ondas transversales y Rayleigh crean también resistencia, dependiente de la aceleración del movimiento de la placa, que tuvo su repercusión en el origen de la masa  $m_2$ . (Villareal, 2020)

El modelo dinámico descrito fue determinado como un sistema con 1,5 grados de libertad, donde un grado de libertad se determina en la parte inferior del sistema y medio grado de libertad se registra en la parte superior de la misma. (Villareal, 2020)

Luego este modelo fue generalizado a las vibraciones horizontales y rotacionales de la cimentación, apoyado sobre base elástica con ley de variación lineal de las propiedades de deformación a través de la profundidad del suelo de fundación. En particular, la variación del módulo de deformación  $E(z)$  de la base de fundación, se aproxima a la ley: (Villareal, 2020)

$$E_{(z)} = E_0 \left[ \operatorname{tg} \psi \cdot \frac{z}{\alpha} + 1 \right]$$

Donde:

$E_0$  - módulo de deformación del suelo en la superficie;

$z$  - coordenada de la profundidad del suelo de fundación, respecto a su superficie;

$\psi$  - ángulo de fricción interna del suelo;

$\alpha = 1\text{m}$  (Villareal, 2020)

### 2.2.2.7. Modelo dinámico A.E Sargasian

En las investigaciones de A.E. Sargasian y A.A. Najapetian se elaboró otro modelo dinámico de interacción suelo-estructura, utilizado para fines académicos, motivo por el cual no nos vamos a detener en su fundamentación y nos limitaremos a describir las fórmulas finales, necesarias para los cálculos futuros. (Villareal, 2020)

De acuerdo a tal modelo dinámico, en su análisis se ingresan parámetros cuasiestáticos de rigidez de la base de fundación  $K_z$ ,  $K_x$ ,  $K_\phi$ ; que se determinan por las siguientes fórmulas. (Villareal, 2020)

$$K_x = \frac{28,8.(1-\mu^2)\rho.C_2^2.\sqrt{A}}{\pi.(7-8\mu)}$$

$$K_\phi = \frac{8,52.\rho.C_2^2.I}{\sqrt{\pi}.\sqrt{A}.\sqrt{A}}$$

$$K_z = \frac{\rho.C_1^2.\sqrt{A}}{\Phi.(1-\mu^2)}$$

Donde:

$\rho$  - densidad del suelo de fundación;

$A$  - área de la base de la cimentación;

$I$  - momento de inercia del área de la base de la cimentación respecto al eje horizontal, que pasa por el centro de gravedad perpendicular al plano de vibración;

$\Phi=0.833$

$C_1$  - velocidad de propagación de las ondas longitudinales en el suelo de fundación;

$C_2$  - velocidad de propagación de las ondas transversales. (Villareal, 2020)

De acuerdo a la concepción de semiespacio elástico, las velocidades de propagación de las ondas longitudinales y transversales se pueden calcular por las siguientes fórmulas: (Villareal, 2020)

$$C_1^2 = \frac{(1-\mu).E}{(1+\mu).(1-2\mu).\rho}$$

$$C_2^2 = \frac{E}{2.(1+\mu).\rho}$$

Donde:

E - módulo de elasticidad de la base de fundación. (Villareal, 2020)

#### **2.2.2.8. Modelo dinámico de la Norma Rusa.**

P Los coeficientes de rigidez de compresión elástica uniforme  $K_z$ , kN/m (T/m); desplazamiento elástico uniforme  $K_x$ , kN/m (T/m); compresión elástica no uniforme  $K_\phi$ , kN/m (T/m); y desplazamiento elástico no uniforme  $K_\psi$ , kN/m (T/m); se calculan con las siguientes fórmulas: (Villareal, 2020)

$$K_z = C_z A$$

$$K_x = C_x A$$

$$K_\phi = C_\phi I_\phi$$

$$K_\psi = C_\psi I_\psi$$

Donde:

A = Área de la base de fundación (m<sup>2</sup>)

$I_\phi$  - momento de inercia (m<sup>4</sup>) del área de la base de la cimentación respecto al eje horizontal, que pasa por el centro de gravedad perpendicular al plano de vibración;

$I_\psi$  - momento de inercia (m<sup>4</sup>) del área de la base de la cimentación respecto al eje vertical, que pasa por el centro de gravedad de la cimentación (momento polar de inercia). (Villareal, 2020)

La principal característica elástica de la cimentación, es decir el coeficiente de compresión elástica uniforme  $C_z$ , kN/m<sup>3</sup> (T/m<sup>3</sup>), se determina por medio de ensayos experimentales. En caso que no exista dicha información se puede determinar por la siguiente fórmula: (Villareal, 2020)

$$C_z = b_0 E \left( 1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right)$$

$B_0$  - coeficiente ( $m^{-1}$ ) asumido para suelos arenosos igual a 1; para arenas arcillosas 1,2; para arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas igual a 1,5;

$E$  - módulo de deformación del suelo en la base de la cimentación, kPa (T/m<sup>2</sup>)

$A_{10} = 10m^2$  (Villareal, 2020)

Los coeficientes de desplazamiento elástico uniforme  $C_x$ , kN/m<sup>3</sup> (T/m<sup>3</sup>); compresión elástica no uniforme  $C_\varphi$ , kN/m<sup>3</sup> (T/m<sup>3</sup>) y desplazamiento elástico no uniforme  $C_\psi$ , kN/m<sup>3</sup> (T/m<sup>3</sup>); se determinan por las siguientes fórmulas: (Villareal, 2020)

$$C_x = 0,7C_z$$

$$C_\varphi = 2C_z$$

$$C_\psi = C_z$$

En las propiedades de amortiguación de la base de la cimentación, se deben de considerar las amortiguaciones relativas  $\xi$ , determinado por ensayos de laboratorio. En el caso que no existan datos experimentales, la amortiguación relativa para las vibraciones verticales  $\xi_z$  se puede determinar por las fórmulas: (Villareal, 2020)

Para las vibraciones establecidas (armónicas) o conocidas: (Villareal, 2020)

$$\xi_z = \frac{2}{\sqrt{p_m}}$$

$$\left( \xi_z = \frac{0,7}{\sqrt{p_m}} \right)$$

Para las vibraciones no establecidas (impulsos) o desconocidas: (Villareal, 2020)

$$\xi_z = 6\sqrt{\frac{E}{C_z p_m}}$$

$$\left( \xi_z = 2\sqrt{\frac{E}{C_z p_m}} \right)$$

Donde:

E - módulo de deformación del suelo en la base de la cimentación;

$C_z$  - coeficiente de compresión elástica uniforme;

$P_m$  - presión estática media en la base de la cimentación. (Villareal, 2020)

$$P_m \leq \gamma_{ts} R$$

Siendo:

$\gamma_{ts}$  - coeficiente de la condición de trabajo del suelo de fundación, asumido igual a 0,7 para arenas saturadas de grano fino o polvorosa y arcillas de consistencia movediza; y para el resto de suelos es igual a 1; (Villareal, 2020)

R - resistencia de cálculo del suelo de fundación, determinado por la Norma Rusa SNIP 2.02.01-83\*. (Villareal, 2020)

Las amortiguaciones relativas para las vibraciones horizontales y rotacionales respecto a sus ejes horizontal y vertical, se pueden determinar por las siguientes fórmulas: (Villareal, 2020)

$$\xi_x = 0,6\xi_z$$

$$\xi_\varphi = 0,5\xi_z$$

$$\xi_\psi = 0,3\xi_z$$

Como característica de amortiguación, también se puede usar el módulo de amortiguación para las vibraciones verticales  $\Phi_z$ , determinado por las siguientes fórmulas: (Villareal, 2020)

Para las vibraciones establecidas (armónicas) o conocidas:

$$\Phi_z = \frac{1,6}{\sqrt{C_z}}$$

$$\left( \Phi_z = \frac{0,5}{\sqrt{C_z}} \right)$$

Para las vibraciones no establecidas (impulsos) o desconocidas, el valor de  $\Phi_z$  se incrementa en dos veces, en comparación con las establecidas (armónicas) o conocidas. (Villareal, 2020)

Los módulos de amortiguación para las vibraciones horizontales y rotacionales respecto a sus ejes horizontal y vertical, se pueden determinar por las siguientes fórmulas: (Villareal, 2020)

$$\Phi_x = 0,6\Phi_z$$

$$\Phi_\varphi = 0,5\Phi_z$$

$$\Phi_\psi = 0,3\Phi_z$$

## **CAPÍTULO III**

### **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

La influencia de la incorporación de la interacción suelo - estructura varia en un 5% el comportamiento estructural de un reservorio circular apoyado de concreto armado

#### **3.2. Variables/categorías**

**Variable independiente:** Interacción suelo - estructura.

**Variable dependiente:** Comportamiento estructural.

#### **3.3. Operacionalización de los componentes de la hipótesis**

**Tabla 1.**

*Operacionalización de los componentes de las hipótesis.*

<b>TÍTULO: Influencia de la Incorporación Interacción Suelo - Estructura en el Comportamiento Estructural de un Reservorio Circular Apoyado de Concreto Armado</b>					
<b>Hipótesis</b>	<b>VARIABLES/CATEGORÍAS</b>	<b>Definición operacional de las variables/categorías</b>			<b>Fuente o instrumento de recolección de datos</b>
		<b>Definición conceptual de variables/categorías</b>	<b>Dimensiones/factores</b>	<b>Indicadores/cualidades</b>	
<b>La influencia de la incorporación de la interacción suelo - estructura varia en un 5% el comportamiento estructural de un reservorio circular apoyado de concreto armado</b>	Interacción suelo - estructura.	Son los esfuerzos y deformaciones que se presentan en el suelo y en la estructura debido a su interacción, ocasionada por la diferencia de rigideces entre los materiales que los constituyen.	Propiedades del suelo	Granulometría Resistencia a compresión Kg/cm <sup>2</sup> Resistencia al corte Kg/cm <sup>2</sup> Expansividad m/s	Ensayo de mecánica de suelo.
	Comportamiento estructural	Reacción que tiene una estructura ante fuerzas o esfuerzos que actúan en ella, y que pueden ser internos o externos.	Esfuerzos axiales Esfuerzos cortantes Momentos Derivas	Desplazamientos, deformaciones (mm, cm) Desplazamientos, deformaciones (mm, cm) Desplazamientos, deformaciones (mm, cm) Desplazamientos (mm.cm)	Análisis estructural

## CAPÍTULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1. Ubicación geográfica

Departamento: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

Distrito: Cajamarca

El reservorio circular apoyado de concreto armado R4 se ubica en el barrio Santa Elena de la ciudad de Cajamarca, en la zona 17M, coordenadas 774673 E, 9206184 N.

#### 4.2. Diseño de la investigación

##### 4.2.1. Tipo de investigación

**Tabla 2.**

*Tipo de investigación.*

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativo
Objetivos (alcances)	Descriptivos
Diseño de investigación	Transversal
Tipo	No experimental

La parte aplicada es de un caso específico en reservorios circulares apoyados en suelos expansivos.

La investigación es de enfoque cuantitativo, ya que, cuantificará la respuesta estructural del reservorio con la incorporación de la interacción suelo - estructura.

No experimental ya que se estudiará el comportamiento del suelo y la estructura, y la interacción entre ambos ante un evento sísmico.

Transversal, porque se estudian los datos en un período de tiempo determinado, año 2024.

#### **4.2.2. Metodología**

Se desarrolló la metodología en cinco etapas:

*Etapa 1: Revisión documental y reconocimiento de la zona de estudio*

*Etapa 2: Modelamiento de la estructura en programa SAP 2000.*

*Etapa 3: Procesamiento, análisis e interpretación de datos*

*Etapa 4: Presentación de resultados*

#### **4.3. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación**

##### **4.3.1. Población**

06 reservorios circulares apoyados de concreto armado de la ciudad de Cajamarca, 2021.

##### **4.3.2. Muestra**

La muestra está constituida por el reservorio circular apoyado de concreto armado R4 de 1500 m<sup>3</sup> de capacidad.

Es una muestra intencional porque se ha determinado en base del criterio e interés del investigador, primando la necesidad de facilidad de acceso a la información. Criterio por el cual fue seleccionado dicho reservorio.

##### **4.3.3. Unidad de análisis**

Reservorio circular apoyado R4.

##### **4.3.4. Unidad de observación**

Mediciones y resultados obtenidos del análisis estructural y del estudio de mecánica de suelos del reservorio R4.

#### 4.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

**Tabla 3.**

*Técnicas e instrumentos de recopilación de información.*

<b>Fuente de datos</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Expediente Técnico, registros históricos. (Fuente secundaria).</b>	Revisión documental.	Guías de revisión documental.
<b>Estudio de mecánica de suelos. (Fuente primaria).</b>	Ensayos de laboratorio.	Formato para registrar los datos de mecánica de suelos.

#### 4.5. Equipos y materiales

##### 4.5.1. Equipos

Computadora, GPS, cámara fotográfica y wincha.

##### 4.5.2. Materiales

Papel Bond A4, Empastados, impresiones, folders, CDs, anillados y otros.

#### 4.6. Matriz de consistencia metodológica

**Tabla 4.**

*Matriz de consistencia metodológica.*

**TÍTULO:** Influencia de la Incorporación de la Interacción Suelo - Estructura en el Comportamiento Estructural de un Reservorio Circular Apoyado de Concreto Armado

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Definición conceptual de variables/categorías	Definición operacional de las variables/categorías				Metodología	Población y Muestra	
				Variables/categorías	Dimensiones/ factores	Indicadores/ cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos			
<p><b>Problema General:</b> ¿En qué medida influye la incorporación de la interacción suelo-estructura, en el comportamiento estructural de un reservorio circular apoyado de concreto armado?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar la influencia de la incorporación de la interacción suelo-estructura en el comportamiento estructural de un reservorio circular apoyado de concreto armado de 1500 m<sup>3</sup>.</p>	<p>La influencia de la incorporación de la interacción suelo - estructura varia en un 5% el comportamient o estructural de un reservorio circular apoyado de concreto armado</p>	<p>Son los esfuerzos y deformaciones que se presentan en el suelo y en la estructura debido a su interacción, ocasionada por la diferencia de rigideces entre los materiales que los constituyen.</p>	<p>Interacción suelo - estructura.</p>	<p>Propiedades del suelo</p>	<p>Granulometría</p>	<p>Hoja de resultados de ensayo de mecánica de suelos</p>	<p><b>Población</b> 06 Reservorios circulares apoyados de concreto armado de la ciudad de Cajamarca, 2021. <b>Muestra</b> Reservorio circular apoyado R4. <b>Unidad de Análisis</b> Reservorio circular apoyado R4. <b>Unidad de Observación</b> Mediciones y resultados obtenidos del análisis estructural y del estudio de mecánica de suelos del reservorio R4.</p>		
	<p><b>Objetivos Específicos</b> Determinar la respuesta estructural que brinda el reservorio circular apoyado de concreto armado de 1500 m<sup>3</sup>, considerando una base rígida.</p>		<p>Reacción que tiene una estructura ante fuerzas o esfuerzos que actúan en ella, y que pueden ser internos o externos.</p>			<p>Comportamiento estructural</p>			<p>Esfuerzos Axiales</p>	<p>Desplazamientos, deformaciones (mm, cm)</p>
	<p>Determinar la respuesta estructural que brinda el reservorio circular apoyado de concreto armado de 1500 m<sup>3</sup>, considerando la interacción suelo - estructura.</p>								<p>Esfuerzos Cortantes</p>	<p>Desplazamientos, deformaciones (mm, cm)</p>
	<p>Comparar los resultados obtenidos, de ambos métodos de análisis</p>								<p>Momentos</p>	<p>Desplazamientos, deformaciones (mm, cm)</p>
					<p>Derivas</p>	<p>Desplazamientos (mm, cm)</p>	<p>Memoria de cálculo de análisis estructural</p>			

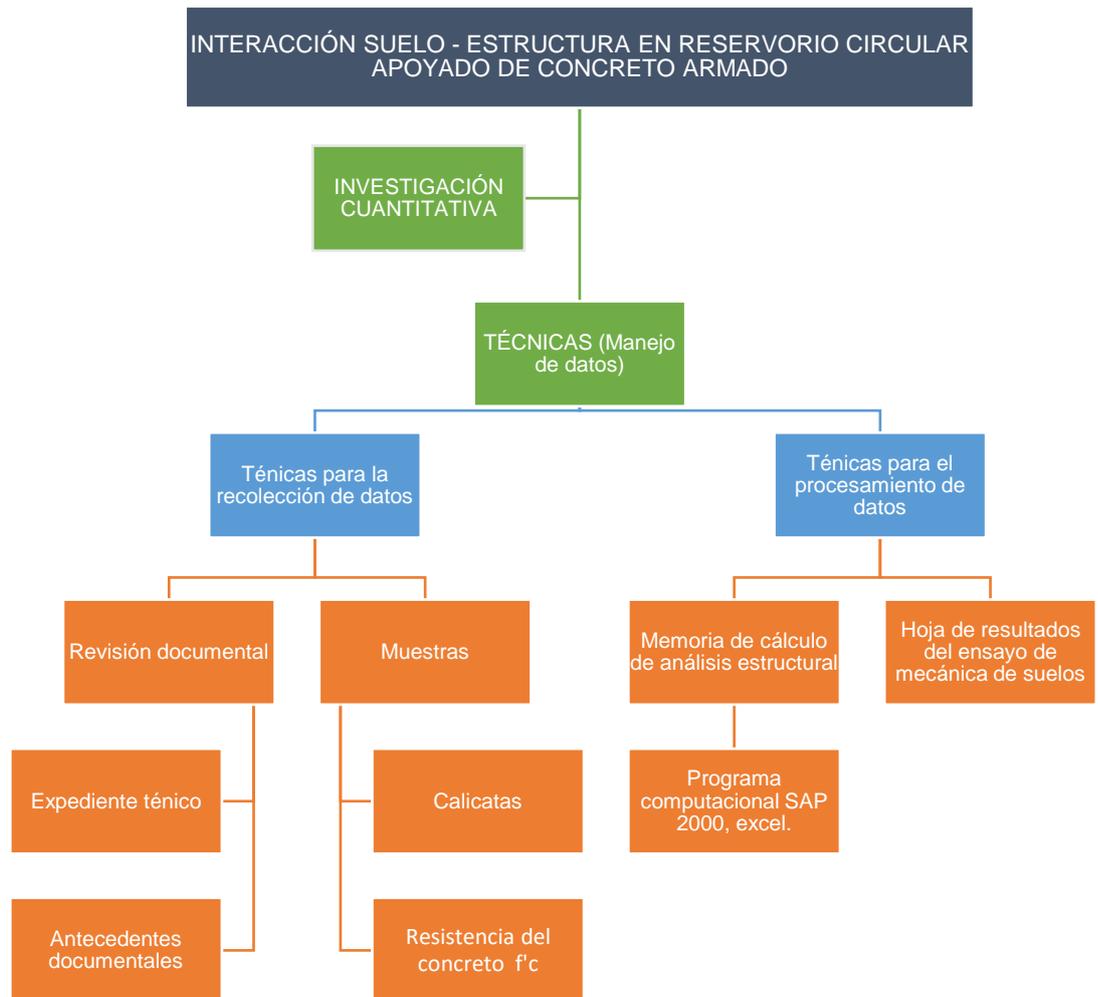
## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Presentación de Resultados

**Figura 7.**

*Diagrama de obtención de resultados.*



##### 5.1.1. Modelamiento estructural del reservorio

Se ha realizado el modelamiento del reservorio R4, con ayuda del programa computacional SAP 2000, con las siguientes características geométricas y estructurales del reservorio:

###### a. Características geométricas

- Radio: 8.00 m.
- Altura del nivel de agua: 7.50 m.

- Altura total del reservorio: 11.00 m.
- Espesor de las paredes: 0.35 m.
- Espesor de la cúpula del reservorio: 0.08 m.
- Viga de corona en el borde del reservorio: 0.60 x 0.60 m.

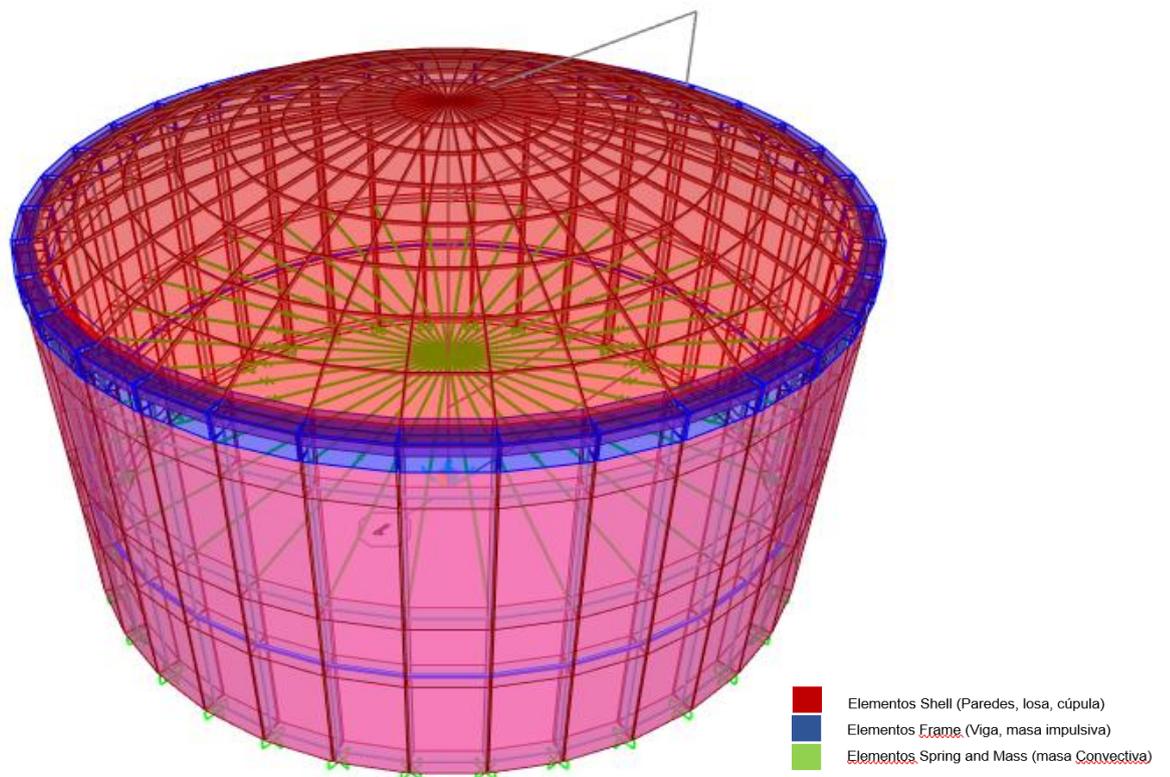
### b. Características estructurales

Estas características han sido obtenidas de los planos y especificaciones recopiladas.

- Resistencia del concreto en elementos estructurales del reservorio
- Anillo de cimentación, cúpula, losa de fondo:  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ .
- Paredes:  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Acero de refuerzo:  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ .

### Figura 8.

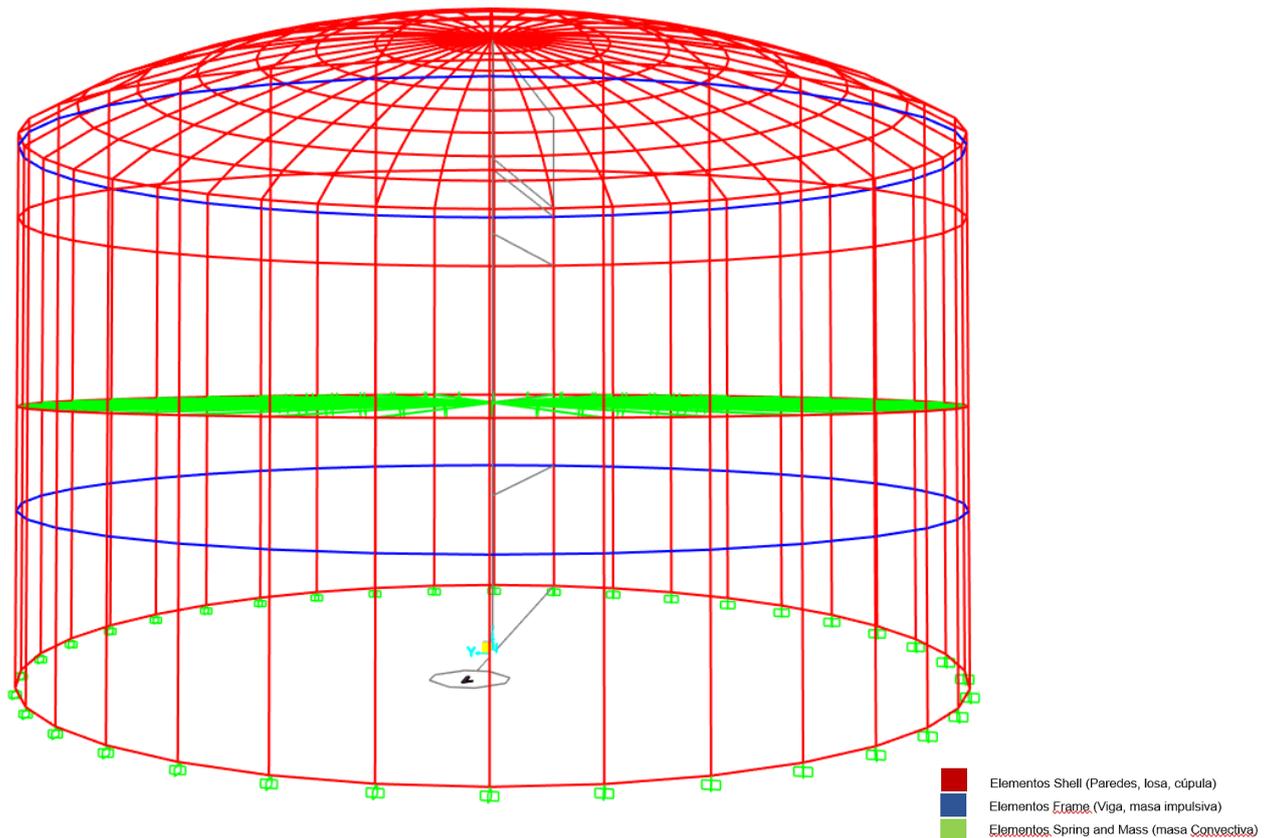
*Modelamiento estructural reservorio R4 con SAP 2000.*



Se puede apreciar el reservorio modelado con elementos tipo shell y frame, de igual manera para un primer análisis se ha considerado una base rígida ya que para el segundo análisis se aplicará la interacción suelo - estructura.

**Figura 9.**

*Empotramiento rígido considerado en la base del reservorio.*

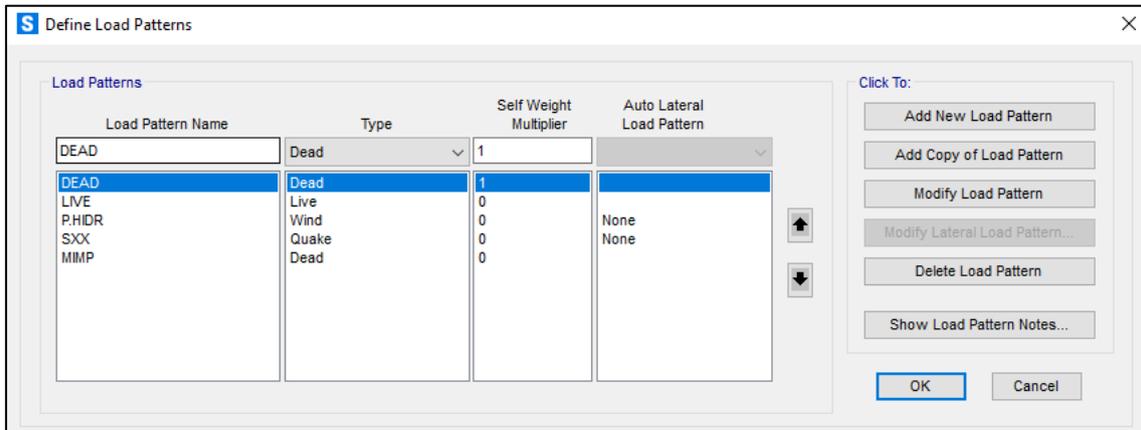


Se asigna las cargas respectivas a la estructura, y se crean las combinaciones de carga respectivas, apoyándonos en la norma E.020 y el ACI 350, diseño de estructuras contenedoras de líquidos:

- Carga muerta de la estructura o peso propio de los elementos.
- Carga viva en la cúpula del reservorio:  $100 \text{ kg/cm}^2$ .
- Carga de presión, que genera el agua del reservorio, tanto en las paredes como en la losa de fondo.

**Figura 10.**

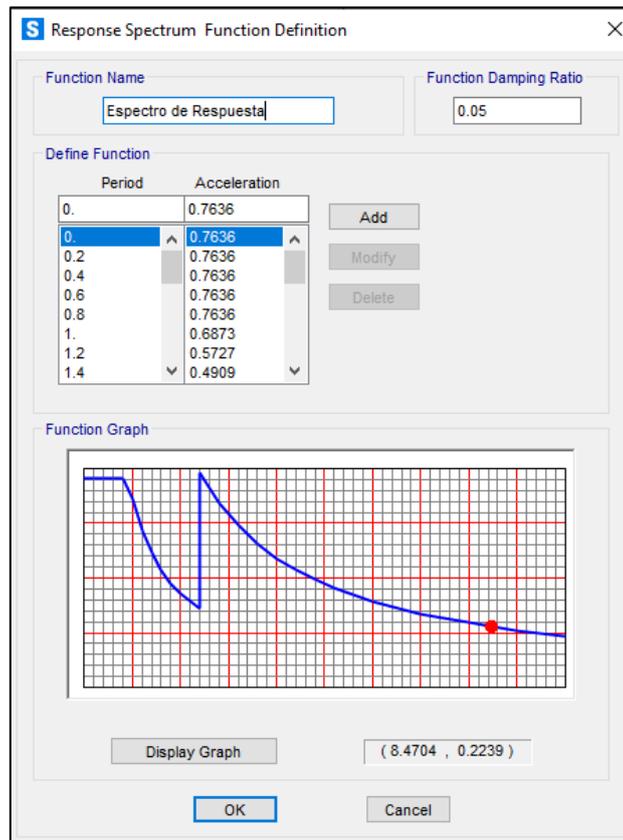
*Definición de patrones de carga.*



- Se ha creado el espectro de respuesta; considerando la ubicación, importancia de la estructura, el tipo de suelo, basándonos en la norma E.030 diseño sismorresistente.

**Figura 11.**

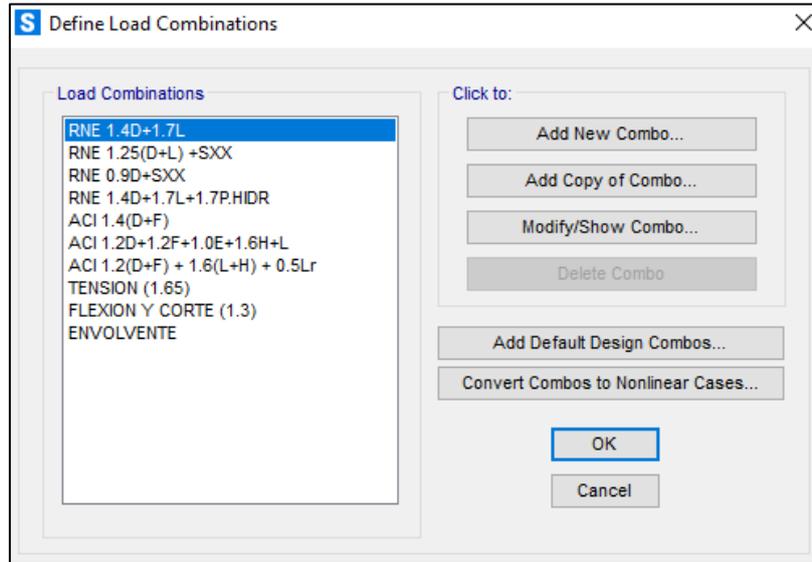
*Creación de espectro de respuesta.*



- Se ha creado las combinaciones de carga con las recomendaciones de la norma E.020 y el ACI 350, también se ha creado una envolvente de cargas totales, una envolvente de corte y una envolvente de flexión.

**Figura 12.**

*Creación de cargas.*



- Se ha modelado la masa impulsiva que es la representación idealizada de la masa de agua que está unida a las paredes del tanque y la masa convectiva que es la idealización de la masa de agua que chapotea al momento de ocurrido un sismo debido al movimiento mismo del agua, y estas son asignadas en la pared del reservorio.
- Los valores de las masas impulsivas y convectivas, se han calculado con las siguientes fórmulas:

$$\frac{W_I}{W_L} = \frac{\tanh \left[ 0.866 * \left( \frac{D}{H_L} \right) \right]}{0.866 * \left( \frac{D}{H_L} \right)}$$

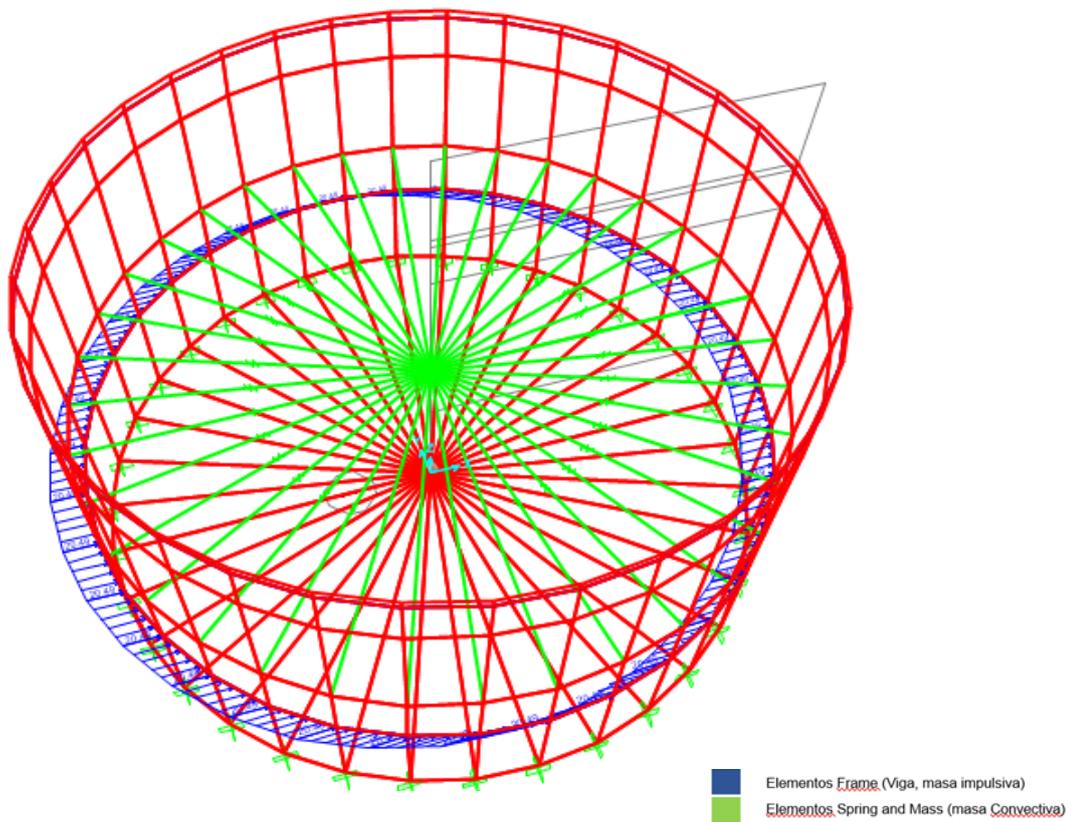
$$\frac{W_C}{W_L} = 0.230 * \left( \frac{D}{H_L} \right) * \tanh \left[ 3.68 * \left( \frac{H_L}{D} \right) \right]$$

Los valores para la masa impulsiva y convectiva son:

<b>Wi/Wl</b>	0.52
<b>Wc/Wl</b>	0.46
<b>masa Impulsiva</b>	78.75
<b>masa convectiva</b>	70.41

**Figura 13.**

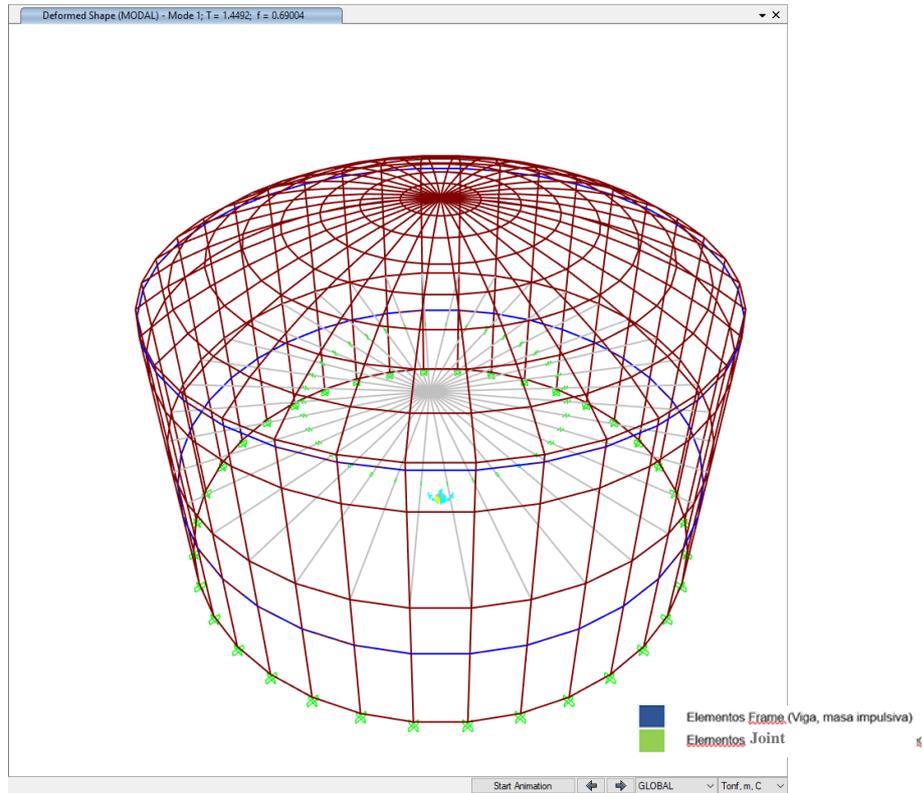
*Modelamiento de la masa impulsiva y convectiva en reservorio.*



A continuación, se presentan los primeros cuatro modos de vibración considerando la base empotrada, estos modos son el primero, desplazamiento en el eje X, el segundo desplazamiento en el eje Y y el tercero, rotación en el eje Z, a partir del cuarto modo de vibración se da una combinación de los modos anteriores.

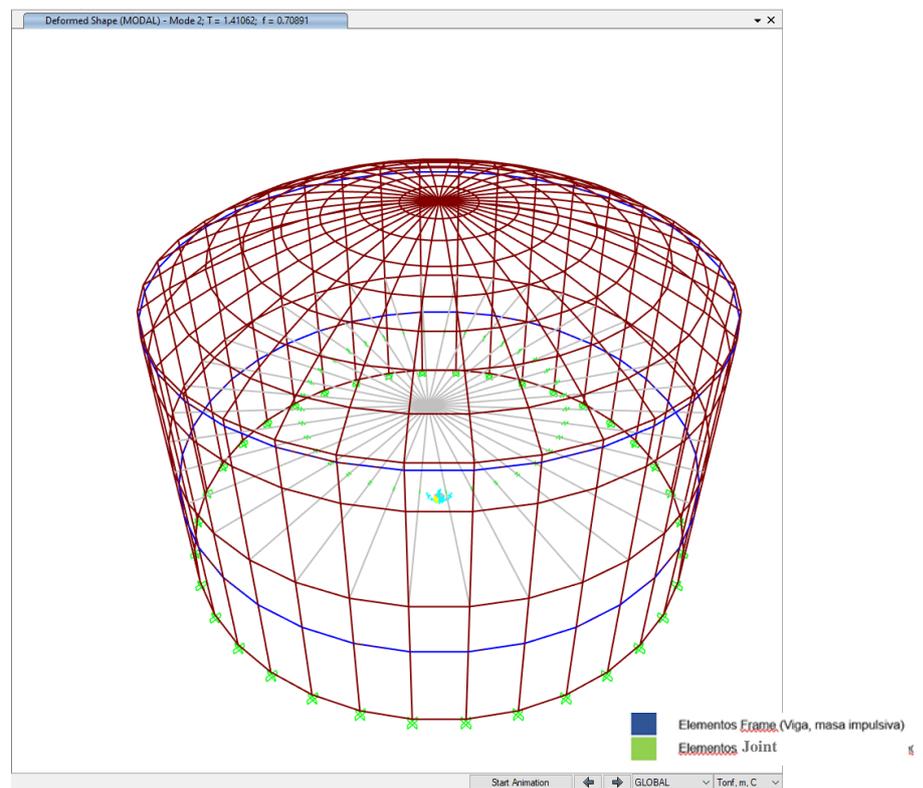
**Figura 14.**

*Primer modo de vibración, período  $T=1.4492$ .*



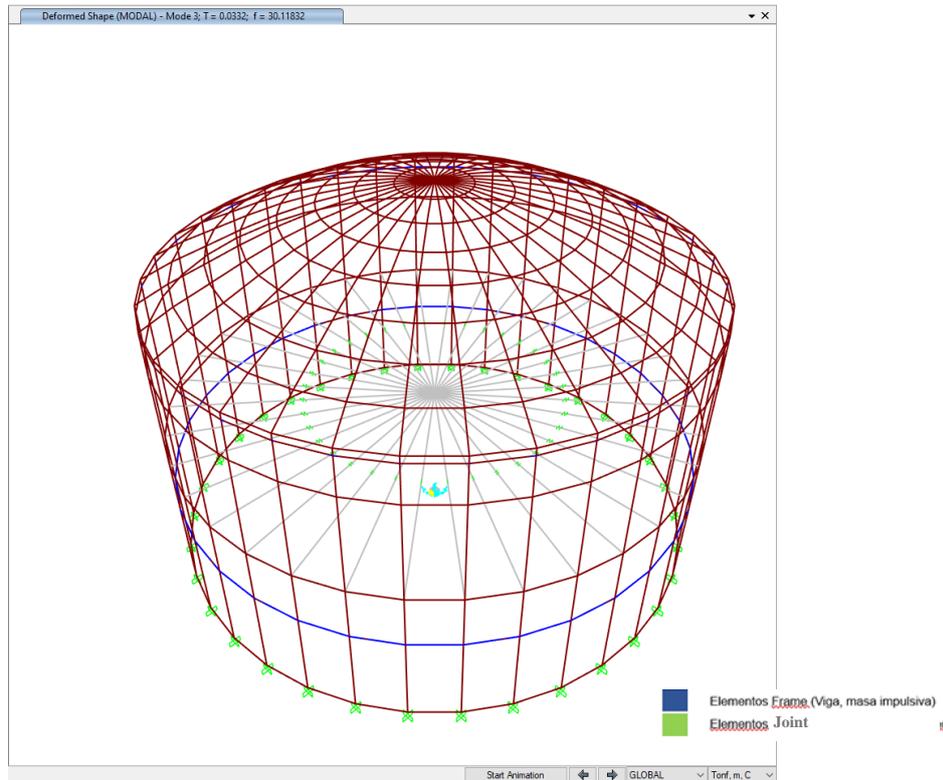
**Figura 15.**

*Segundo modo de vibración, período  $T=1.4106$ .*



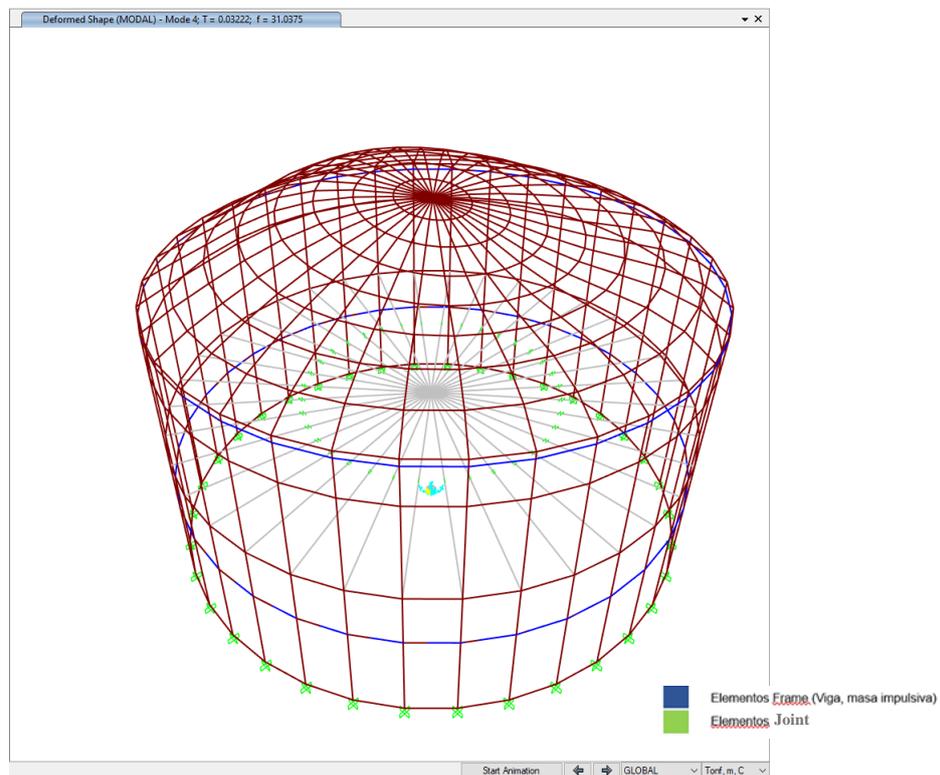
**Figura 16.**

*Tercer modo de vibración, período  $T=0.0332$ .*



**Figura 17.**

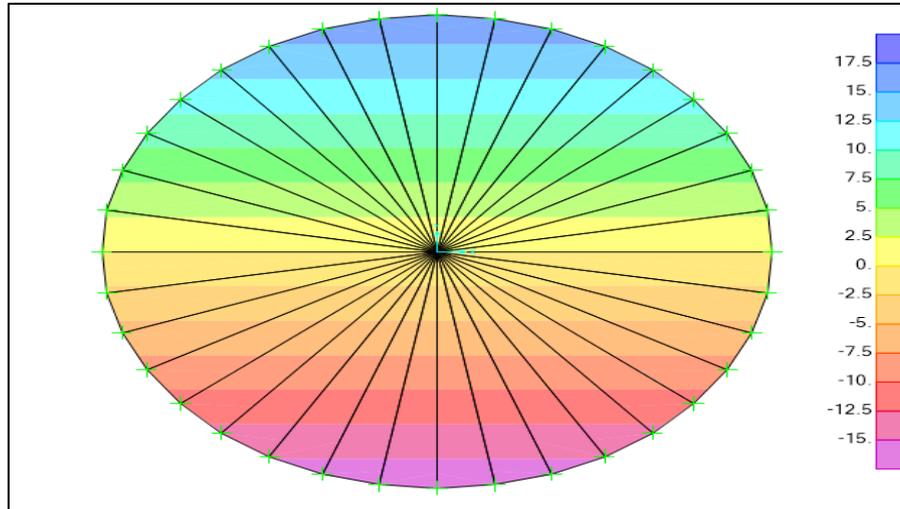
*Cuarto modo de vibración, período  $T=0.0322$ .*



Con las cargas asignadas y combinaciones de carga realizadas, obtenemos los siguientes resultados:

**Figura 18.**

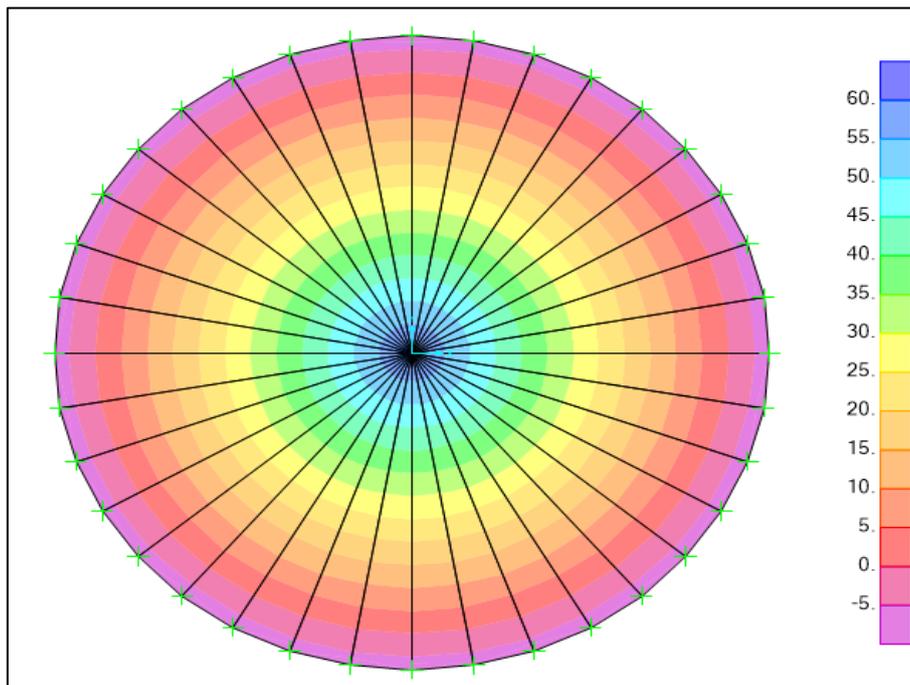
*Fuerzas cortantes en la base del reservorio.*



Esta figura muestra la distribución y magnitud de las fuerzas cortantes que actúan en la base del reservorio. Los colores indican la intensidad y dirección de las fuerzas cortantes. Los valores positivos y negativos reflejan la dirección del esfuerzo cortante en la base del reservorio.

**Figura 19.**

*Momentos en la base del reservorio.*



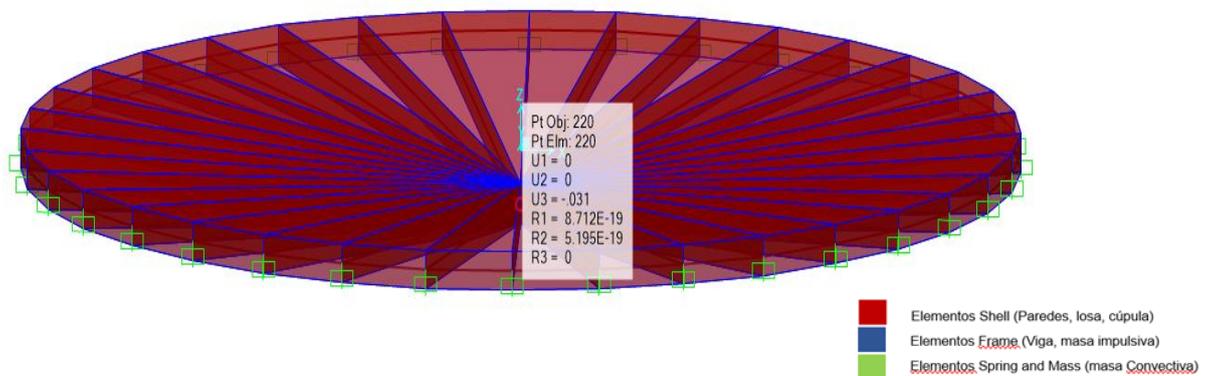
Aquí se presentan los momentos flectores que se generan en la base del reservorio. Estos momentos son las fuerzas que causan flexión o doblamiento en la base debido a las cargas aplicadas, incluyendo la presión hidrostática del agua y las fuerzas sísmicas. La figura ayuda a identificar las zonas de mayor esfuerzo para un diseño adecuado y seguro del concreto armado en la base. Los colores con valores positivos y negativos representan los momentos flectores que causan flexión en la base. Estos signos permiten interpretar la forma en que la estructura se dobla bajo carga y ayudan a determinar dónde se requieren refuerzos específicos

Se obtuvo que los momentos máximos actuantes en la losa tanto en el centro como en los extremos son:

- En el centro de la losa:  $Ma = 61.27 \text{ tn-m}$
- En los extremos (simétricos):  $Ma = 7.83 \text{ tn-m}$
- El cortante máximo actuante en la losa es de  $17.5 \text{ tn}$ .

**Figura 20.**

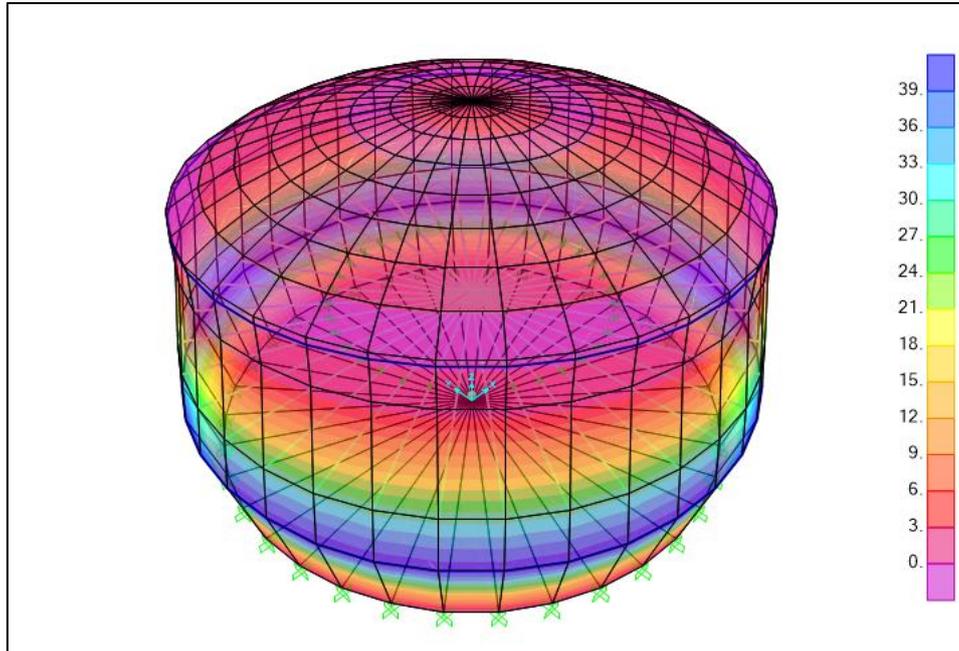
*Deformaciones en la losa de fondo.*



Esta figura ilustra las deformaciones o desplazamientos que sufre la losa de fondo del reservorio bajo las cargas combinadas.

**Figura 21.**

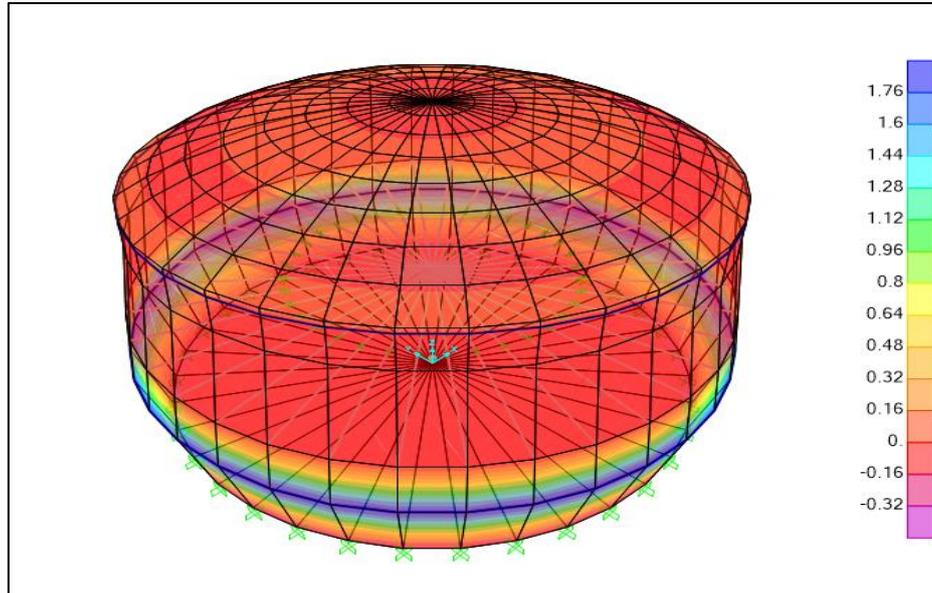
*Fuerzas actuantes en las paredes del reservorio.*



Esta figura muestra las fuerzas internas que se desarrollan en las paredes verticales del reservorio, causadas principalmente por la presión hidrostática del agua y las cargas sísmicas transmitidas. Esta figura es crucial para el diseño estructural de las paredes, indicando los puntos de mayor esfuerzo y la necesidad de refuerzo. Cada color corresponde a un rango específico de valores de fuerza, permitiendo visualizar cómo se distribuyen estas fuerzas a lo largo de las paredes del reservorio. Los colores en un extremo de la escala (más cálidos) indican las zonas con mayor intensidad de fuerzas, mientras que los colores en el otro extremo (más fríos) señalan las áreas con menor intensidad.

**Figura 22.**

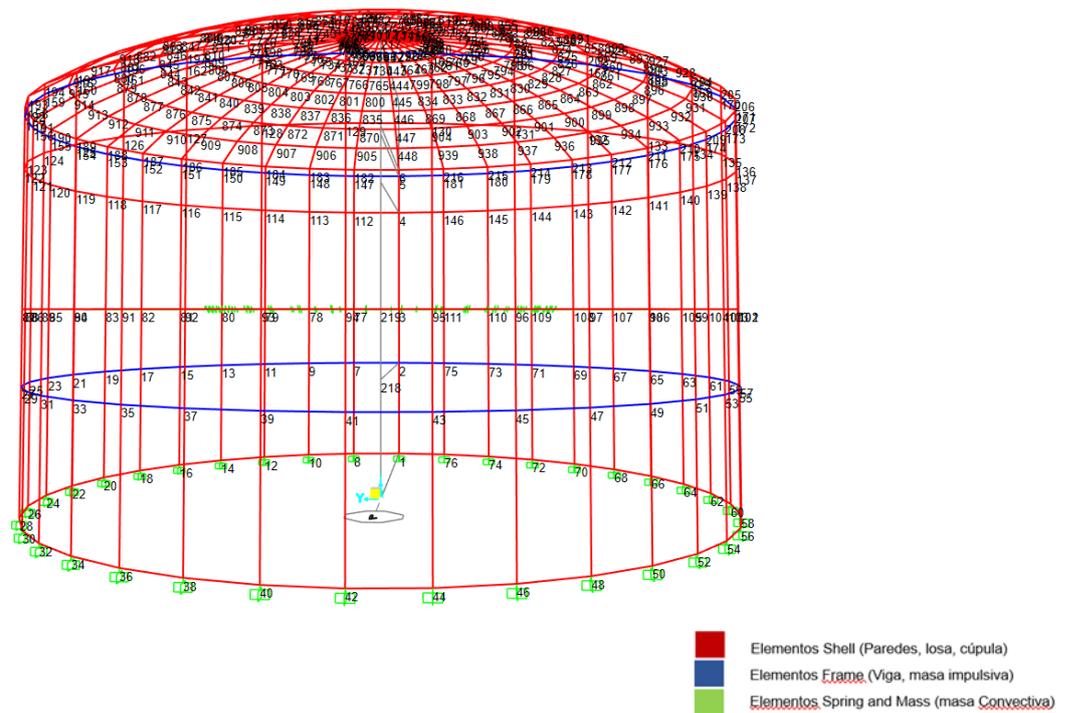
*Momentos actuantes en paredes del reservorio.*



Esta figura representa los momentos flectores que actúan sobre las paredes del reservorio. Estos momentos indican las zonas donde las paredes están sometidas a flexión debido a las presiones internas y externas, lo que influye directamente en el dimensionamiento y la distribución del refuerzo de acero.

**Figura 23.**

*Numeración de los nudos y empotramientos rígidos en la base del reservorio.*



A continuación, se presenta las fuerzas que actúan en las reacciones de los apoyos del reservorio:

**Tabla 5.**

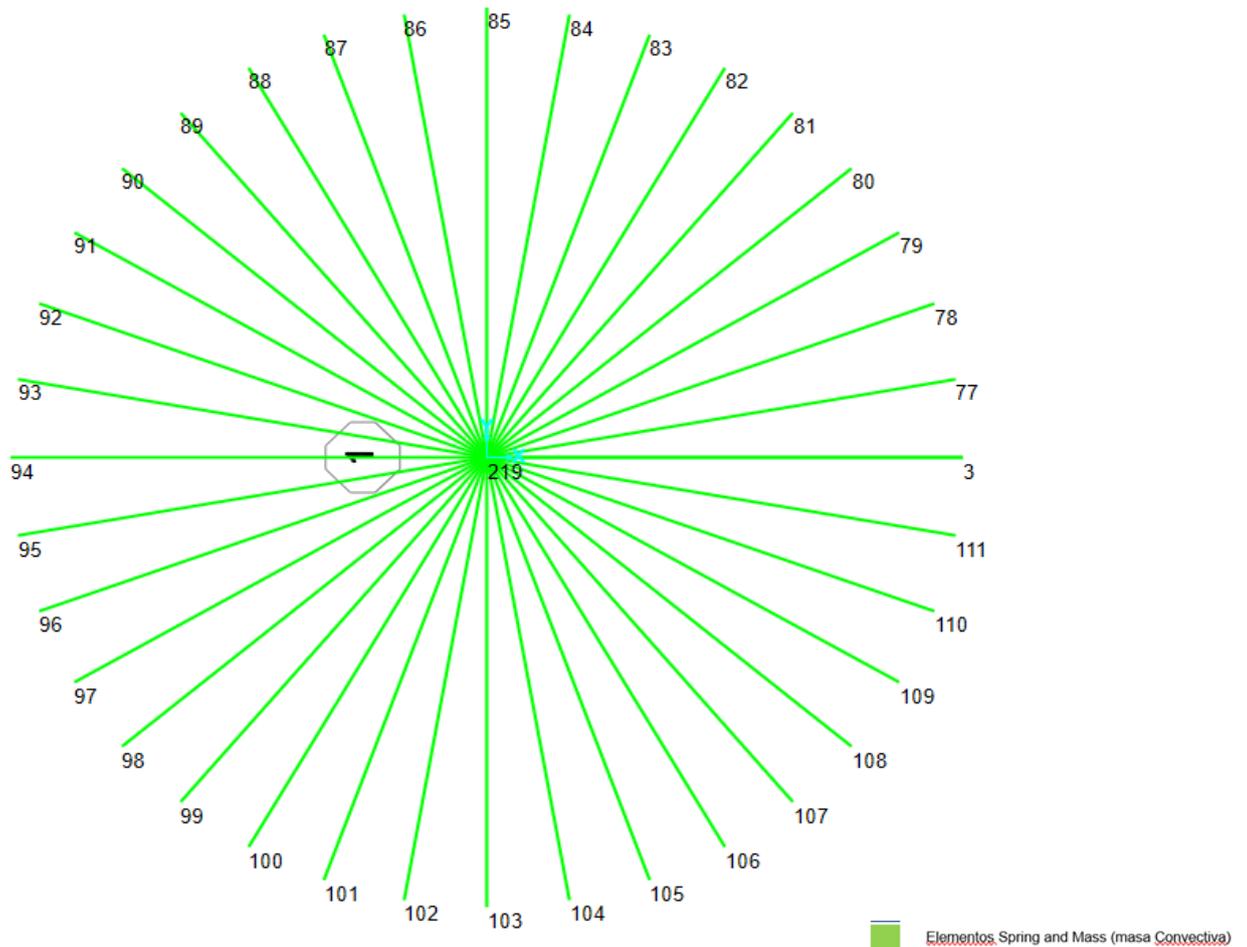
*Fuerzas actuantes en los apoyos del reservorio.*

<b>Nudo</b>	<b>Fuerza X (Tn)</b>	<b>Fuerza Y (Tn)</b>	<b>Fuerza z (Tn)</b>	<b>Mx (Tn-m)</b>	<b>My (Tn-m)</b>	<b>Mz (Tn-m)</b>
1	-2.61	0.00	76.92	0.00	-10.15	0.00
8	-3.42	17.81	74.70	3.80	-9.01	-1.25
10	-4.83	32.16	69.77	7.17	-8.96	-3.21
12	-7.05	40.77	64.57	10.14	-8.54	-4.19
14	-10.29	44.82	59.12	11.31	-7.03	-4.64
16	-14.05	43.78	52.92	11.73	-5.56	-5.21
18	-17.65	37.92	45.83	11.03	-4.10	-5.79
20	-20.53	27.81	37.89	9.86	-2.99	-6.36
22	-22.34	14.51	29.30	9.18	-2.26	-6.77
24	-22.91	-0.37	24.04	8.56	-0.89	-6.98
26	-20.39	-3.78	22.46	7.67	-0.24	-6.95
28	-15.93	-6.74	24.20	7.34	-0.30	-6.68
30	-10.74	-8.91	25.84	7.44	-1.00	-6.18
32	-5.21	-10.05	27.30	7.11	-2.16	-5.48
34	0.22	-10.00	28.56	6.36	-3.57	-4.60
36	5.10	-8.77	29.57	5.19	-4.97	-3.58
38	9.09	-6.50	30.32	3.67	-6.15	-2.45
40	15.26	-3.46	30.77	1.90	-6.90	-1.25
42	17.72	0.00	30.93	0.00	-7.15	0.00
44	15.26	19.96	30.77	1.57	-6.90	4.24
46	9.09	37.76	30.32	2.94	-6.15	8.34
48	5.10	51.51	29.57	3.96	-4.97	12.20
50	0.22	59.78	28.56	4.49	-3.57	15.69
52	-5.21	61.76	27.30	4.46	-2.16	18.71
54	-10.74	57.41	25.84	3.89	-1.00	21.18
56	-15.93	47.38	24.20	2.83	-0.30	23.02
58	-20.39	34.34	22.46	1.43	-0.24	24.20
60	-22.91	22.71	24.04	-0.12	-0.89	24.69
62	-22.34	12.55	29.30	0.25	-2.26	24.49
64	-20.53	9.00	37.89	0.76	-2.99	23.53
66	-17.65	6.05	45.83	1.20	-4.10	21.79
68	-14.05	4.24	52.92	1.73	-5.56	19.14
70	-10.29	3.81	59.12	1.96	-7.03	15.63
72	-7.05	4.41	64.57	2.10	-8.54	11.23
74	-4.83	4.61	69.77	1.45	-8.96	7.13
76	-3.42	2.89	74.70	0.80	-9.01	4.22

\* Los valores negativos indican fuerzas de reacción en dirección opuesta al sentido positivo definido en el modelo estructural

**Figura 24.**

*Nudos en la idealización de la presión hidrostática del agua.*



**Tabla 6.**

*Fuerzas actuantes en el nudo de la presión hidrostática del agua.*

Nudo	Fuerza X (Tn)	Fuerza Y (Tn)	Desplazamiento Z (m)
219	70.41	70.41	4.41

Obtenemos el nudo las fuerzas en el nudo 219 y su desplazamiento que representa el movimiento y fuerza del espejo de agua.

**Tabla 7.**

*Desplazamientos en los nudos de la idealización de la presión hidrostática.*

Nudo	Desp. X (m)	Desp. Y (m)
3	0.0015	0.0000
77	0.0014	0.0001
78	0.0012	0.0002
79	0.0010	0.0003
80	0.0009	0.0004

<b>Nudo</b>	<b>Desp. X (m)</b>	<b>Desp. Y (m)</b>
<b>81</b>	0.0008	0.0004
<b>82</b>	0.0007	0.0004
<b>83</b>	0.0006	0.0004
<b>84</b>	0.0005	0.0004
<b>85</b>	0.0005	0.0003
<b>86</b>	0.0004	0.0003
<b>87</b>	0.0004	0.0003
<b>88</b>	0.0005	0.0003
<b>89</b>	0.0005	0.0003
<b>90</b>	0.0006	0.0002
<b>91</b>	0.0007	0.0002
<b>92</b>	0.0007	0.0001
<b>93</b>	0.0008	0.0001
<b>94</b>	0.0008	0.0000
<b>95</b>	0.0008	0.0001
<b>96</b>	0.0007	0.0001
<b>97</b>	0.0007	0.0002
<b>98</b>	0.0006	0.0002
<b>99</b>	0.0005	0.0002
<b>100</b>	0.0005	0.0002
<b>101</b>	0.0004	0.0001
<b>102</b>	0.0004	0.0001
<b>103</b>	0.0005	0.0000
<b>104</b>	0.0005	0.0000
<b>105</b>	0.0006	0.0000
<b>106</b>	0.0007	0.0000
<b>107</b>	0.0008	0.0000
<b>108</b>	0.0009	0.0000
<b>109</b>	0.0010	0.0000
<b>110</b>	0.0012	0.0000
<b>111</b>	0.0014	0.0000

A continuación, se presentan los datos obtenidos del estudio de mecánica de suelos, estas propiedades sirvieron para poder modelar la cimentación del reservorio, aplicando la interacción suelo - estructura, considerando el suelo como un elemento elástico capaz de poder absorber parte de la energía liberada durante un sismo.

El terreno del reservorio R4, presenta un estrato de relleno y materia orgánica, como primer estrato, se encuentra conformado por arcillas limosas inorgánicas y arcillas limosas arenosas, de mediana plasticidad, con elevada proporción de grava.

La capacidad portante admisible del suelo obtenido del estudio de mecánica de suelos es,  $q_{ad} = 0.57 \text{ kg/cm}^2$ , esta presión decrece con el incremento de la humedad del suelo, por lo que se recomienda realizar un mejoramiento del suelo, con la colocación de dos capas de piedra de forma redondeada y sub redondeada de tamaño máximo de 6" bien compactadas y a continuación, se colocará una capa de 0.20m de grava bien gradada o afirmado compactado al 95% de la máxima densidad seca del Proctor modificado. Habiendo realizado el mejoramiento se logra el nuevo valor de  $q_{ad} = 2.55 \text{ kg/cm}^2$ .

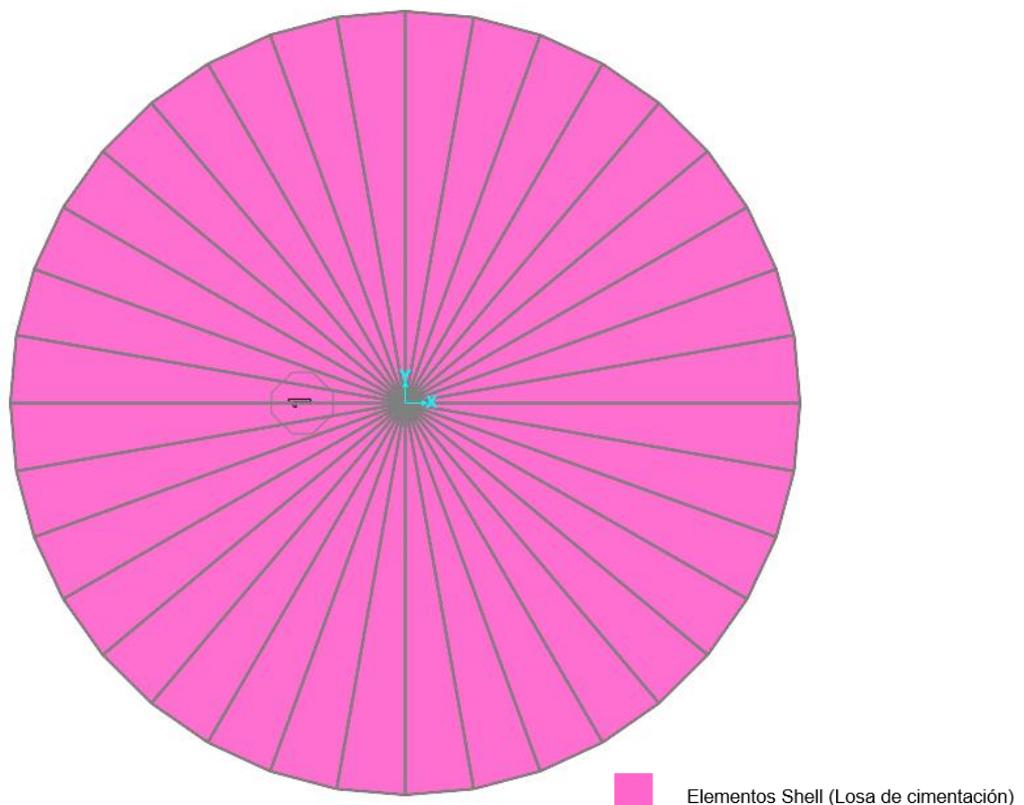
Con el ensayo de corte directo se obtienen los siguientes resultados:

- Ángulo de fricción interna  $\phi = 11.24^\circ$
- Cohesión  $C = 0.26 \text{ kg/cm}^2$
- Densidad natural  $\gamma = 1.62 \text{ gr/cm}^3$
- Relación de Poisson  $m = 0.30$

En el modelo en SAP 2000, liberamos la base de los empotramientos, y creamos la base del reservorio con elementos shell.

#### Figura 25.

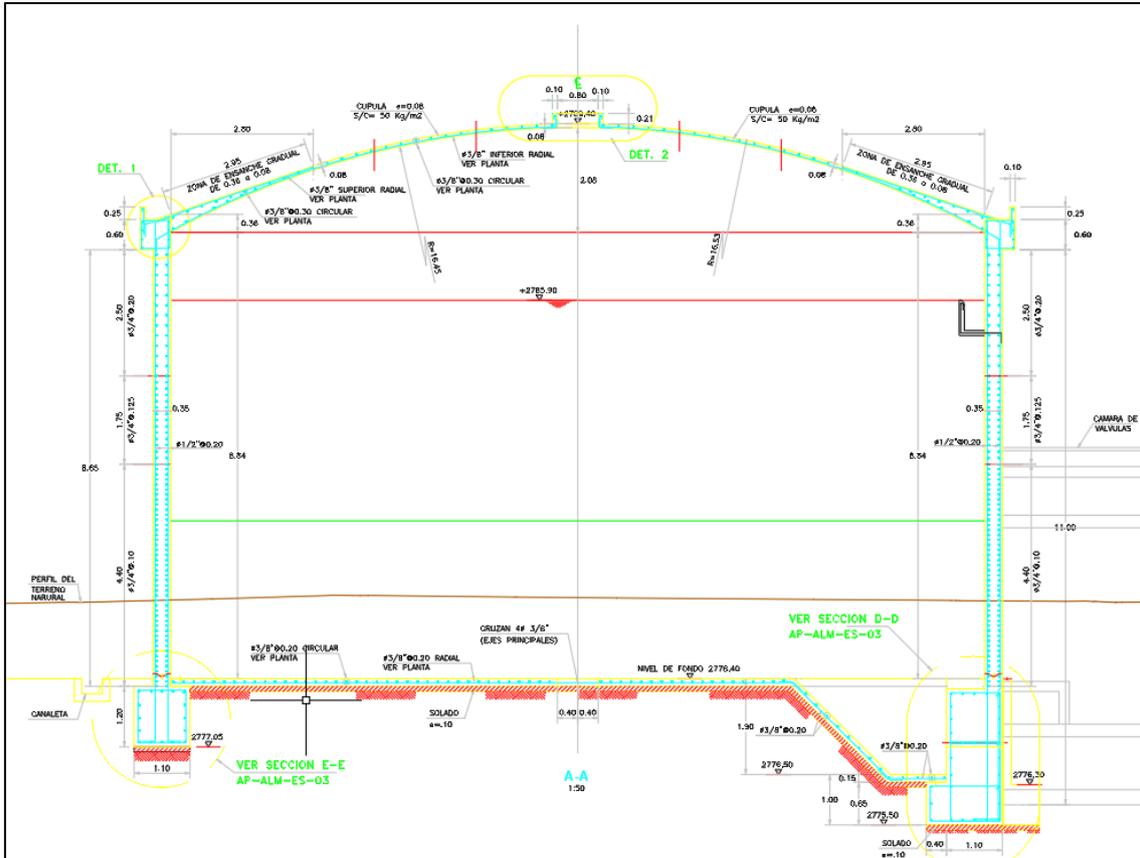
*Liberación de los empotramientos de la base del reservorio y creación de la losa de fondo.*



Se ha creado una losa de 20 cm de espesor, al igual a la especificada en los planos de diseño.

**Figura 26.**

*Detalle en elevación del reservorio R4.*



A continuación, se calcula los coeficientes para el modelo dinámico de D.D. Barkan

**Tabla 8.**

*Propiedades mecánicas del suelo.*

<b>Módulo de Elasticidad del Suelo</b>	$E_s$	300	$\text{kg/cm}^2$
<b>Densidad del Suelo</b>	$\delta_s$	1.62	$\text{gr/cm}^3$
<b>Coefficiente de Poisson</b>	$\mu$	0.30	
<b>Ángulo de Fricción del Suelo</b>	$\varphi$	11.24	$^\circ$

**Nota:** Obtenido de Estudio de Mecánica de Suelos Reservorio R6.

Con estos datos obtenemos los coeficientes para el modelo de Barkan

$$\begin{aligned}
 R &= 16 \quad \text{m} \\
 A &= 804.25 \quad \text{m}^2 \\
 I &= 51471.85 \quad \text{m}^4 \\
 C_z &= 0.63 \\
 C_x &= 0.52 \\
 C_\psi &= 0.70 \\
 K_z &= 507.07
 \end{aligned}$$

$$K_x = 417.59$$

$$K_\psi = 36058.58$$

Luego asignamos estos coeficientes al modelo, como resortes y con las restricciones que se muestran en la figura:

**Figura 27.**

*Asignación de coeficientes como resortes en la base.*

**S Assign Joint Springs** [X]

Spring Type

Simple

Advanced - Coupled 6x6 Spring

Modify/Show Advanced Spring Stiffness...

Spring Coordinate System

Direction: GLOBAL

Simple Spring Stiffness

Translation Global X	417.59	tonf/m
Translation Global Y	417.59	tonf/m
Translation Global Z	507.07	tonf/m
Rotation about Global X	36058.58	tonf-m/rad
Rotation about Global Y	36058.58	tonf-m/rad
Rotation about Global Z	0	tonf-m/rad

Options

Add to Existing Springs

Replace Existing Springs

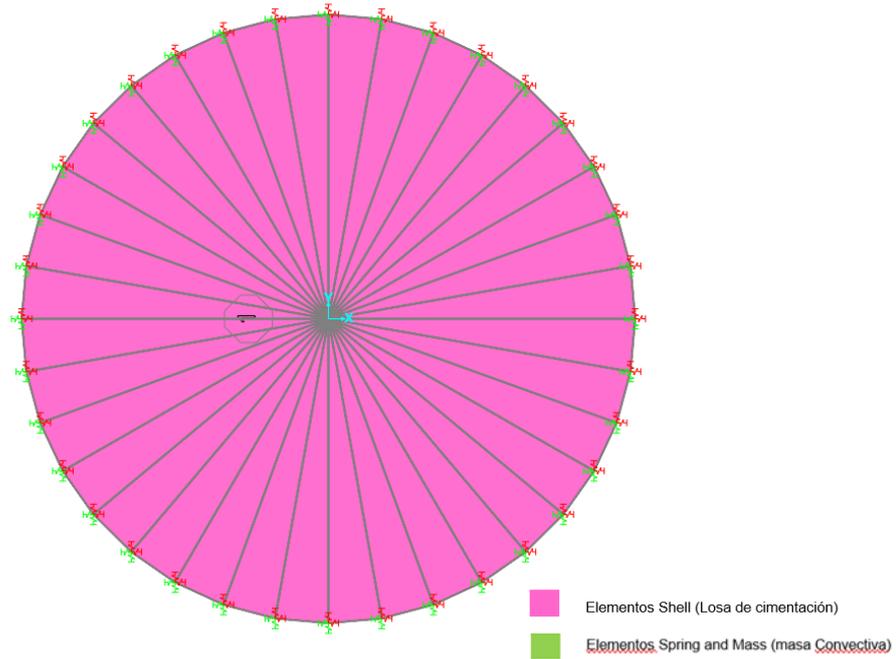
Delete Existing Springs

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

**Figura 28.**

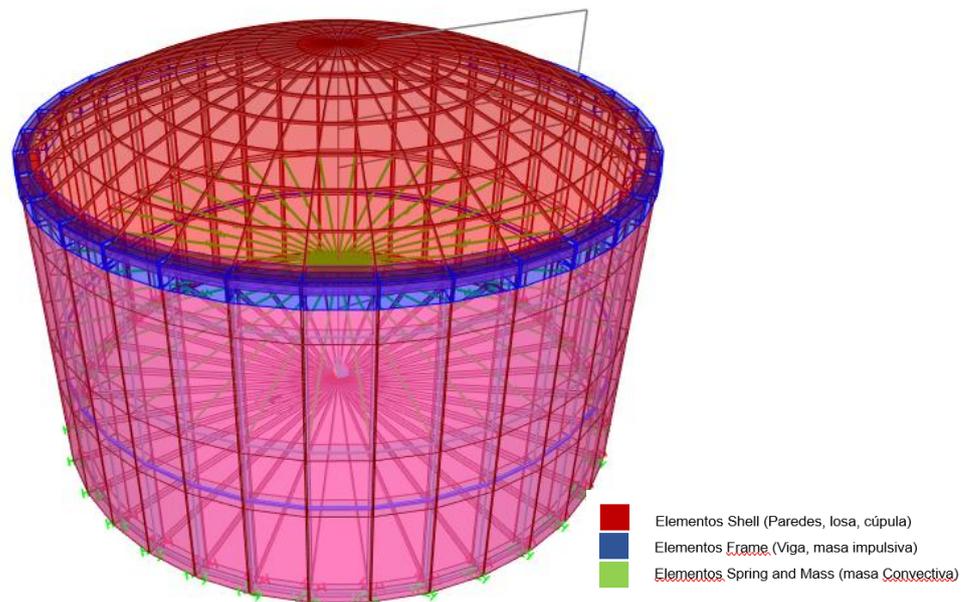
*Base de cimentación con los resortes modelados.*



En esta figura se muestra una representación visual del modelo de cimentación del reservorio donde se han incorporado resortes para simular la interacción suelo-estructura. Estos resortes representan la rigidez del suelo y su capacidad para deformarse bajo las cargas del reservorio.

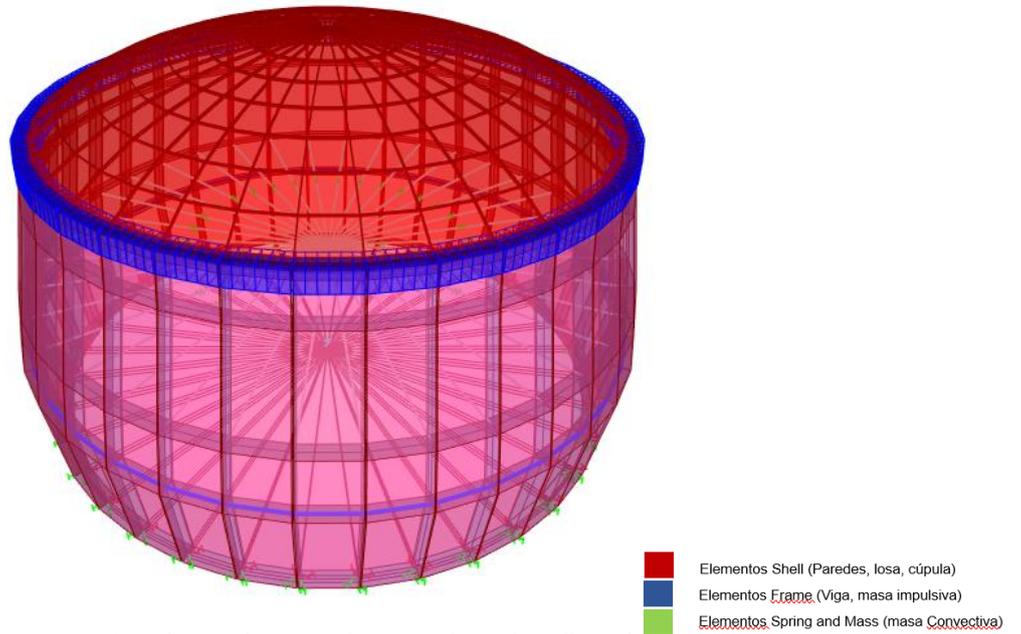
**Figura 29.**

*Reservorio con modelo Barkan.*



**Figura 30.**

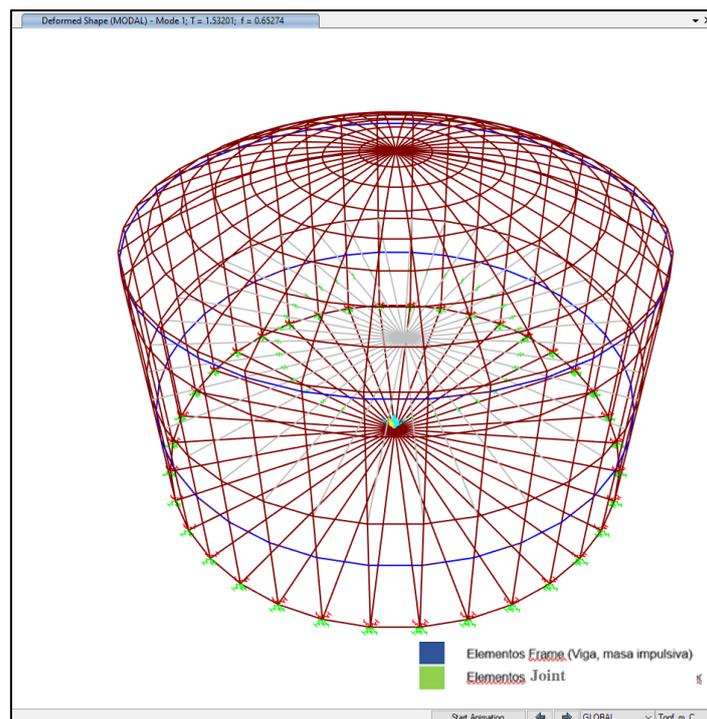
*Deformaciones del reservorio con la presión hidrostática y considerando la interacción suelo - estructura.*



A continuación, se presentan los primeros los modos de vibración considerando la interacción suelo - estructura. Se muestran los primeros 4 modos, ya que a partir del cuarto se repite el periodo.

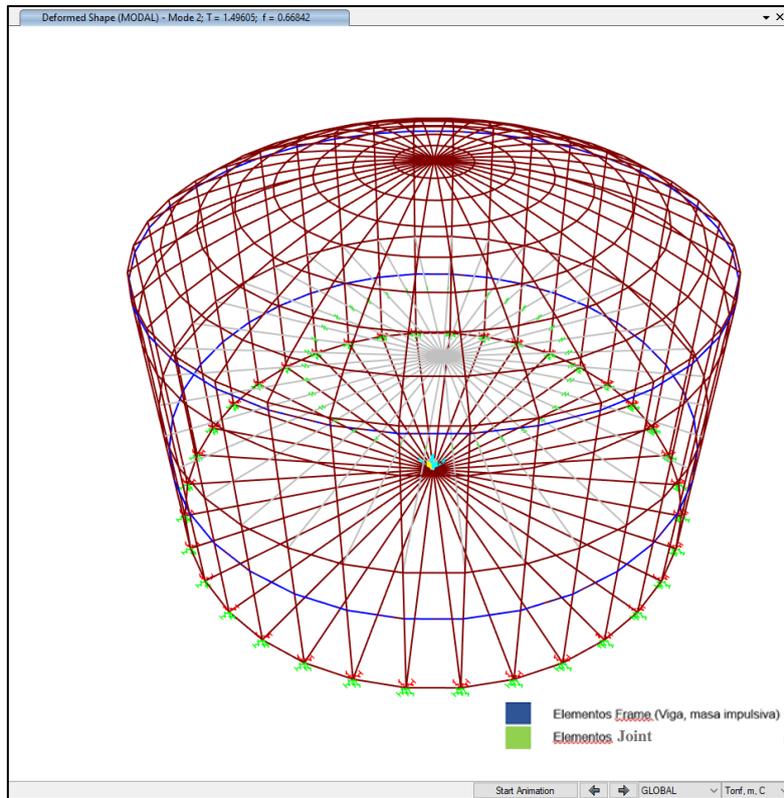
**Figura 31.**

*Primer modo de vibración, período  $T=1.5320$ .*



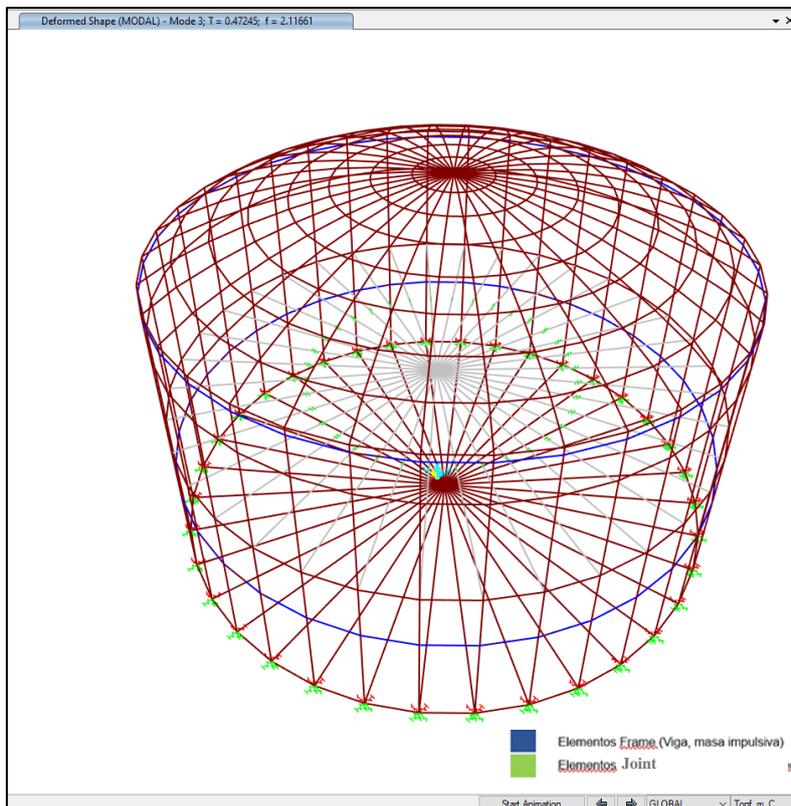
**Figura 32.**

*Segundo modo de vibración, período  $T=1.496$ .*



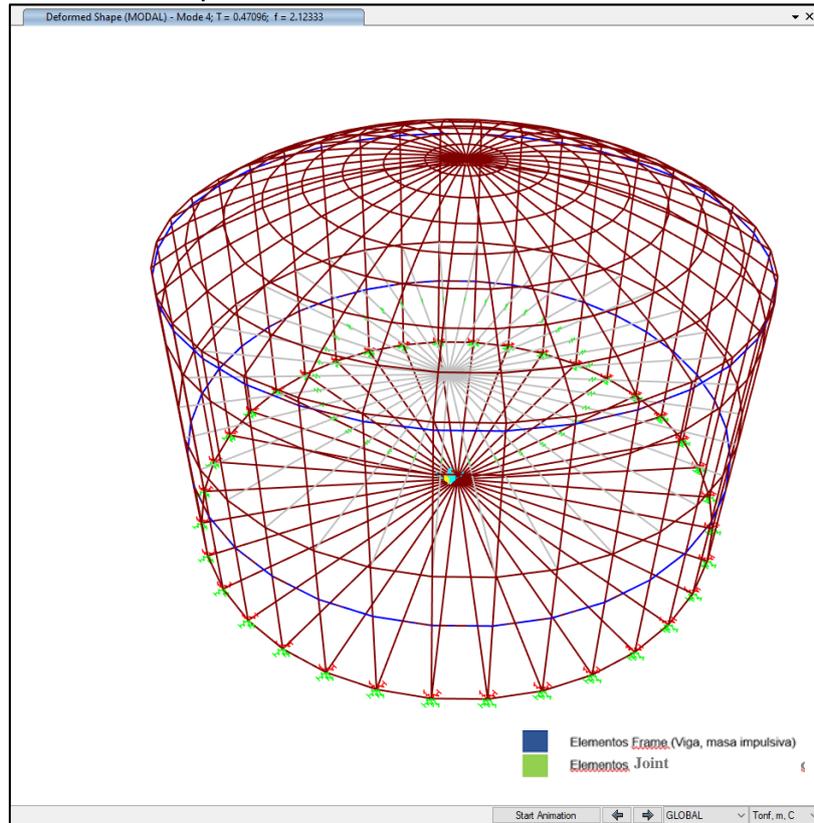
**Figura 33.**

*Tercer modo de vibración, período  $T=0.47245$ .*



**Figura 34.**

*Cuarto modo de vibración, período  $T=0.47096$ .*



A continuación, se muestran los resultados de fuerzas obtenidos en las reacciones de las bases.

**Tabla 9.**

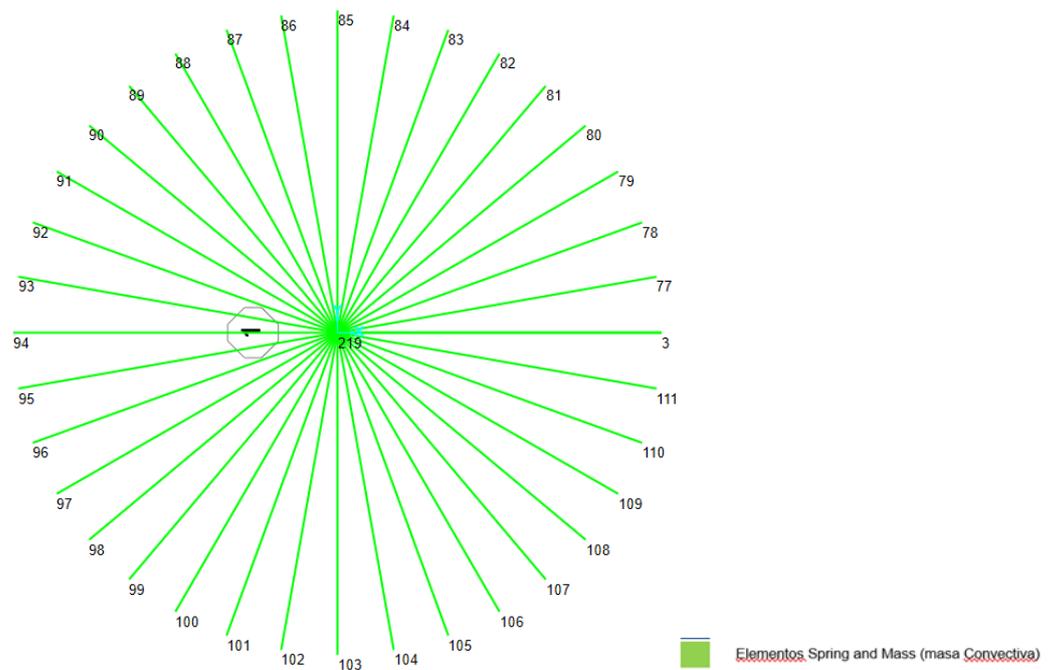
*Fuerzas actuantes en los apoyos del reservorio con interacción suelo - estructura.*

Nudo	Fuerza X (Tn)	Fuerza Y (Tn)	Fuerza z (Tn)	Mx (Tn-m)	My (Tn-m)	Mz (Tn-m)
1	-2.53	0.00	75.07	0.00	-10.05	0.00
8	-3.32	17.10	72.91	3.67	-8.92	-1.23
10	-4.69	30.87	68.10	6.93	-8.87	-3.17
12	-6.84	39.14	63.02	9.81	-8.45	-4.13
14	-9.98	43.03	57.70	10.94	-6.96	-4.58
16	-13.63	42.03	51.65	11.34	-5.50	-5.14
18	-17.12	36.40	44.73	10.67	-4.06	-5.71
20	-19.91	26.70	36.98	9.53	-2.96	-6.27
22	-21.67	13.93	28.60	8.88	-2.24	-6.68
24	-22.22	-0.36	23.46	8.28	-0.88	-6.88
26	-19.78	-3.63	22.08	7.42	-0.24	-6.85
28	-15.45	-6.47	23.79	7.10	-0.30	-6.59
30	-10.42	-8.55	25.40	7.19	-0.99	-6.09
32	-5.05	-9.65	26.84	6.88	-2.14	-5.40
34	0.21	-9.60	28.07	6.15	-3.53	-4.54

36	4.95	-8.42	29.07	5.02	-4.92	-3.53
38	8.82	-6.24	29.80	3.55	-6.09	-2.42
40	14.80	-3.32	30.25	1.84	-6.83	-1.23
42	17.19	0.00	30.40	0.00	-7.08	0.00
44	15.03	19.16	30.25	1.52	-6.83	4.18
46	8.95	36.25	29.80	2.84	-6.09	8.22
48	5.02	49.45	29.07	3.83	-4.92	12.03
50	0.22	57.39	28.07	3.91	-3.53	15.47
52	-5.13	59.29	26.84	4.43	-2.14	18.45
54	-10.58	55.11	25.40	4.40	-0.99	20.88
56	-15.69	45.48	23.79	3.84	-0.30	22.70
58	-20.08	32.97	22.08	2.79	-0.24	23.86
60	-22.57	21.80	23.63	1.41	-0.88	24.34
62	-22.00	12.05	28.80	-0.12	-2.24	24.15
64	-20.22	8.64	37.25	0.25	-2.96	23.20
66	-17.39	5.81	45.05	0.75	-4.06	21.48
68	-13.84	4.07	52.02	1.18	-5.50	18.87
70	-10.14	3.66	58.11	1.71	-6.96	15.41
72	-6.94	4.23	63.47	1.93	-8.45	11.07
74	-4.76	4.43	68.58	2.07	-8.87	7.03
76	-3.37	2.77	73.43	1.43	-8.92	4.16

**Figura 35.**

*Nudos en la idealización de la presión hidrostática del agua con modelo dinámico de Barkan.*



**Tabla 10.***Fuerzas actuantes en el nudo de la presión hidrostática del agua.*

<b>Nudo</b>	<b>Fuerza X (Tn)</b>	<b>Fuerza Y (Tn)</b>	<b>Desplazamiento Z (m)</b>
<b>219</b>	70.41	70.41	4.47

**Tabla 11.***Desplazamientos en los nudos de la idealización de la presión hidrostática con interacción suelo - estructura.*

<b>Nudo</b>	<b>Desp. X (m)</b>	<b>Desp. Y (m)</b>
<b>3</b>	0.00153	0.00000
<b>77</b>	0.00143	0.00011
<b>78</b>	0.00122	0.00022
<b>79</b>	0.00102	0.00033
<b>80</b>	0.00092	0.00044
<b>81</b>	0.00082	0.00044
<b>82</b>	0.00071	0.00044
<b>83</b>	0.00061	0.00044
<b>84</b>	0.00051	0.00044
<b>85</b>	0.00051	0.00033
<b>86</b>	0.00041	0.00033
<b>87</b>	0.00041	0.00033
<b>88</b>	0.00051	0.00033
<b>89</b>	0.00051	0.00033
<b>90</b>	0.00061	0.00022
<b>91</b>	0.00071	0.00022
<b>92</b>	0.00071	0.00011
<b>93</b>	0.00082	0.00011
<b>94</b>	0.00082	0.00000
<b>95</b>	0.00082	0.00011
<b>96</b>	0.00072	0.00011
<b>97</b>	0.00072	0.00022
<b>98</b>	0.00062	0.00022
<b>99</b>	0.00052	0.00022
<b>100</b>	0.00052	0.00022
<b>101</b>	0.00041	0.00011
<b>102</b>	0.00041	0.00011
<b>103</b>	0.00052	0.00000
<b>104</b>	0.00052	0.00000
<b>105</b>	0.00062	0.00000

<b>Nudo</b>	<b>Desp. X (m)</b>	<b>Desp. Y (m)</b>
<b>106</b>	0.00072	0.00000
<b>107</b>	0.00082	0.00000
<b>108</b>	0.00093	0.00000
<b>109</b>	0.00103	0.00000
<b>110</b>	0.00124	0.00000
<b>111</b>	0.00144	0.00000

## 5.2. Análisis comparativo del diseño tradicional y diseño aplicando interacción suelo estructura.

### 5.2.1. Modos de vibración

Tabla 12.

*Modos de vibración de la estructura, de acuerdo al modo de diseño.*

<b>Modos de vibración</b>	<b>Base Empotrada</b>	<b>Interacción Suelo - Estructura</b>
<b>1° Modo</b>	1.4492	1.532
<b>2° Modo</b>	1.4106	1.496
<b>3° Modo</b>	0.0332	0.047245
<b>4° Modo</b>	0.0322	0.047096

### 5.2.2. Fuerzas en los nudos

Tabla 13.

*Comparativo fuerzas en los nudos.*

<b>Nudo</b>	<b>Base Empotrada</b>			<b>ISE</b>			<b>Variación</b>		
	<b>Fuerza X (Tn)</b>	<b>Fuerza Y (Tn)</b>	<b>Fuerza z (Tn)</b>	<b>Fuerza X (Tn)</b>	<b>Fuerza Y (Tn)</b>	<b>Fuerza z (Tn)</b>	<b>% Δ FX</b>	<b>% Δ FY</b>	<b>% Δ FZ</b>
<b>1</b>	-2.61	0	76.92	-2.53	0	75.07	3.07%		2.41%
<b>8</b>	-3.42	17.81	74.7	-3.32	17.1	72.91	2.92%	3.99%	2.40%
<b>10</b>	-4.83	32.16	69.77	-4.69	30.87	68.1	2.90%	4.01%	2.39%
<b>12</b>	-7.05	40.77	64.57	-6.84	39.14	63.02	2.98%	4.00%	2.40%
<b>14</b>	-10.29	44.82	59.12	-9.98	43.03	57.7	3.01%	3.99%	2.40%
<b>16</b>	-14.05	43.78	52.92	-13.63	42.03	51.65	2.99%	4.00%	2.40%
<b>18</b>	-17.65	37.92	45.83	-17.12	36.4	44.73	3.00%	4.01%	2.40%
<b>20</b>	-20.53	27.81	37.89	-19.91	26.7	36.98	3.02%	3.99%	2.40%
<b>22</b>	-22.34	14.51	29.3	-21.67	13.93	28.6	3.00%	4.00%	2.39%
<b>24</b>	-22.91	-0.37	24.04	-22.22	-0.36	23.46	3.01%	2.70%	2.41%
<b>26</b>	-20.39	-3.78	22.46	-19.78	-3.63	22.08	2.99%	3.97%	1.69%
<b>28</b>	-15.93	-6.74	24.2	-15.45	-6.47	23.79	3.01%	4.01%	1.69%

Nudo	Base Empotrada			ISE			Variación		
	Fuerza X (Tn)	Fuerza Y (Tn)	Fuerza z (Tn)	Fuerza X (Tn)	Fuerza Y (Tn)	Fuerza z (Tn)	% Δ FX	% Δ FY	% Δ FZ
30	-10.74	-8.91	25.84	-10.42	-8.55	25.4	2.98%	4.04%	1.70%
32	-5.21	-10.05	27.3	-5.05	-9.65	26.84	3.07%	3.98%	1.68%
34	0.22	-10	28.56	0.21	-9.6	28.07	4.55%	4.00%	1.72%
36	5.1	-8.77	29.57	4.95	-8.42	29.07	2.94%	3.99%	1.69%
38	9.09	-6.5	30.32	8.82	-6.24	29.8	2.97%	4.00%	1.72%
40	15.26	-3.46	30.77	14.8	-3.32	30.25	3.01%	4.05%	1.69%
42	17.72	0	30.93	17.19	0	30.4	2.99%		1.71%
44	15.26	19.96	30.77	15.03	19.16	30.25	1.51%	4.01%	1.69%
46	9.09	37.76	30.32	8.95	36.25	29.8	1.54%	4.00%	1.72%
48	5.1	51.51	29.57	5.02	49.45	29.07	1.57%	4.00%	1.69%
50	0.22	59.78	28.56	0.22	57.39	28.07	0.00%	4.00%	1.72%
52	-5.21	61.76	27.3	-5.13	59.29	26.84	1.54%	4.00%	1.68%
54	-10.74	57.41	25.84	-10.58	55.11	25.4	1.49%	4.01%	1.70%
56	-15.93	47.38	24.2	-15.69	45.48	23.79	1.51%	4.01%	1.69%
58	-20.39	34.34	22.46	-20.08	32.97	22.08	1.52%	3.99%	1.69%
60	-22.91	22.71	24.04	-22.57	21.8	23.63	1.48%	4.01%	1.71%
62	-22.34	12.55	29.3	-22	12.05	28.8	1.52%	3.98%	1.71%
64	-20.53	9	37.89	-20.22	8.64	37.25	1.51%	4.00%	1.69%
66	-17.65	6.05	45.83	-17.39	5.81	45.05	1.47%	3.97%	1.70%
68	-14.05	4.24	52.92	-13.84	4.07	52.02	1.49%	4.01%	1.70%
70	-10.29	3.81	59.12	-10.14	3.66	58.11	1.46%	3.94%	1.71%
72	-7.05	4.41	64.57	-6.94	4.23	63.47	1.56%	4.08%	1.70%
74	-4.83	4.61	69.77	-4.76	4.43	68.58	1.45%	3.90%	1.71%
76	-3.42	2.89	74.7	-3.37	2.77	73.43	1.46%	4.15%	1.70%

Se puede apreciar ligeras variaciones con respecto al modelo empotrado. Las variaciones varían en el rango de 1% a 5% aproximadamente, siendo el máximo 4.55%.

### 5.2.3. Momentos en los nudos

Tabla 14.

Comparativos momentos en los nudos.

Nudo	Base Empotrada			ISE			Variación		
	Mx (Tn-m)	My (Tn-m)	Mz (Tn-m)	Mx (Tn-m)	My (Tn-m)	Mz (Tn-m)	% Δ MX	% Δ MY	% Δ MZ
1	0	-10.15	0	0	-10.05	0		0.99%	
8	3.8	-9.01	-1.25	3.67	-8.92	-1.23	3.42%	1.00%	1.60%
10	7.17	-8.96	-3.21	6.93	-8.87	-3.17	3.35%	1.00%	1.25%

Nudo	Base Empotrada			ISE			Variación		
	Mx (Tn-m)	My (Tn-m)	Mz (Tn-m)	Mx (Tn-m)	My (Tn-m)	Mz (Tn-m)	% Δ MX	% Δ MY	% Δ MZ
12	10.14	-8.54	-4.19	9.81	-8.45	-4.13	3.25%	1.05%	1.43%
14	11.31	-7.03	-4.64	10.94	-6.96	-4.58	3.27%	1.00%	1.29%
16	11.73	-5.56	-5.21	11.34	-5.5	-5.14	3.32%	1.08%	1.34%
18	11.03	-4.1	-5.79	10.67	-4.06	-5.71	3.26%	0.98%	1.38%
20	9.86	-2.99	-6.36	9.53	-2.96	-6.27	3.35%	1.00%	1.42%
22	9.18	-2.26	-6.77	8.88	-2.24	-6.68	3.27%	0.88%	1.33%
24	8.56	-0.89	-6.98	8.28	-0.88	-6.88	3.27%	1.12%	1.43%
26	7.67	-0.24	-6.95	7.42	-0.24	-6.85	3.26%	0.00%	1.44%
28	7.34	-0.3	-6.68	7.1	-0.3	-6.59	3.27%	0.00%	1.35%
30	7.44	-1	-6.18	7.19	-0.99	-6.09	3.36%	1.00%	1.46%
32	7.11	-2.16	-5.48	6.88	-2.14	-5.4	3.23%	0.93%	1.46%
34	6.36	-3.57	-4.6	6.15	-3.53	-4.54	3.30%	1.12%	1.30%
36	5.19	-4.97	-3.58	5.02	-4.92	-3.53	3.28%	1.01%	1.40%
38	3.67	-6.15	-2.45	3.55	-6.09	-2.42	3.27%	0.98%	1.22%
40	1.9	-6.9	-1.25	1.84	-6.83	-1.23	3.16%	1.01%	1.60%
42	0	-7.15	0	0	-7.08	0		0.98%	
44	1.57	-6.9	4.24	1.52	-6.83	4.18	3.18%	1.01%	1.42%
46	2.94	-6.15	8.34	2.84	-6.09	8.22	3.40%	0.98%	1.44%
48	3.96	-4.97	12.2	3.83	-4.92	12.03	3.28%	1.01%	1.39%
50	4.49	-3.57	15.69	4.36	-3.53	15.47	2.90%	1.12%	1.40%
52	4.46	-2.16	18.71	4.43	-2.14	18.45	0.67%	0.93%	1.39%
54	3.89	-1	21.18	3.85	-0.99	20.88	1.03%	1.00%	1.42%
56	3.95	-0.3	23.02	3.84	-0.3	22.7	2.78%	0.00%	1.39%
58	2.85	-0.24	24.2	2.79	-0.24	23.86	2.11%	0.00%	1.40%
60	1.46	-0.89	24.69	1.41	-0.88	24.34	3.42%	1.12%	1.42%
62	0.25	-2.26	24.49	0.24	-2.24	24.15	4.00%	0.88%	1.39%
64	0.76	-2.99	23.53	0.73	-2.96	23.2	3.95%	1.00%	1.40%
66	1.2	-4.1	21.79	1.16	-4.06	21.48	3.33%	0.98%	1.42%
68	1.73	-5.56	19.14	1.71	-5.5	18.87	1.16%	1.08%	1.41%
70	1.96	-7.03	15.63	1.91	-6.96	15.41	2.55%	1.00%	1.41%
72	2.1	-8.54	11.23	2.02	-8.45	11.07	3.81%	1.05%	1.42%
74	2.15	-8.96	7.13	2.07	-8.87	7.03	3.72%	1.00%	1.40%
76	1.44	-9.01	4.22	1.43	-8.92	4.16	0.69%	1.00%	1.42%

Se puede apreciar ligeras variaciones con respecto al modelo empotrado. Las variaciones varían en el rango de 1% a 5% aproximadamente, siendo el máximo 4.00%.

### 5.2.4. Nudo de la presión hidrostática

**Tabla 15.**

*Nudo de la presión hidrostática.*

Nudo	Base empotrada			ISE		
	Fuerza X (Tn)	Fuerza Y (Tn)	Desplazamiento Z (m)	Fuerza X (Tn)	Fuerza Y (Tn)	Desplazamiento Z (m)
219	70.41	70.41	4.41	70.41	70.41	4.47

El desplazamiento en el nudo de la presión hidrostática representa el desplazamiento vertical de la pantalla de agua en un evento sísmico. Se aprecia que la variación entre los desplazamientos es de 6 cm, lo cual representa un 1.3% de variación.

**Tabla 16.**

*Desplazamiento en los nudos de la idealización de la presión hidrostática.*

Nudo	Base empotrada		ISE	
	Desp. X (m)	Desp. Y (m)	Desp. X (m)	Desp. Y (m)
3	0.0015	0	0.00153	0
77	0.0014	0.0001	0.00143	0.00011
78	0.0012	0.0002	0.00122	0.00022
79	0.001	0.0003	0.00102	0.00033
80	0.0009	0.0004	0.00092	0.00044
81	0.0008	0.0004	0.00082	0.00044
82	0.0007	0.0004	0.00071	0.00044
83	0.0006	0.0004	0.00061	0.00044
84	0.0005	0.0004	0.00051	0.00044
85	0.0005	0.0003	0.00051	0.00033
86	0.0004	0.0003	0.00041	0.00033
87	0.0004	0.0003	0.00041	0.00033
88	0.0005	0.0003	0.00051	0.00033
89	0.0005	0.0003	0.00051	0.00033
90	0.0006	0.0002	0.00061	0.00022
91	0.0007	0.0002	0.00071	0.00022
92	0.0007	0.0001	0.00071	0.00011
93	0.0008	0.0001	0.00082	0.00011
94	0.0008	0	0.00082	0
95	0.0008	0.0001	0.00082	0.00011
96	0.0007	0.0001	0.00072	0.00011
97	0.0007	0.0002	0.00072	0.00022
98	0.0006	0.0002	0.00062	0.00022

Nudo	Base empotrada		ISE	
	Desp. X (m)	Desp. Y (m)	Desp. X (m)	Desp. Y (m)
99	0.0005	0.0002	0.00052	0.00022
100	0.0005	0.0002	0.00052	0.00022
101	0.0004	0.0001	0.00041	0.00011
102	0.0004	0.0001	0.00041	0.00011
103	0.0005	0	0.00052	0
104	0.0005	0	0.00052	0
105	0.0006	0	0.00062	0
106	0.0007	0	0.00072	0
107	0.0008	0	0.00082	0
108	0.0009	0	0.00093	0
109	0.001	0	0.00103	0
110	0.0012	0	0.00124	0
111	0.0014	0	0.00144	0

Como se puede apreciar existe una variación en los desplazamientos, los cuales se encuentran en el rango de 1% a 3%, entre el análisis utilizando base empotrada y con la incorporación de la interacción suelo - estructura.

### 5.3. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Como presentan los cuadros de resultados, se comprueba que existe variación en la respuesta estructural del reservorio considerando una base rígida, y el análisis considerando el modelo de dinámico de interacción suelo - estructura.

Las variaciones obtenidas, oscilan en el rango de 1% a 4%, tanto en los esfuerzos, como en los desplazamientos que suceden en los nudos de la base del reservorio y en los nudos de la idealización de la presión hidrostática, con ello, se comprueba que el suelo ha absorbido parte de la energía liberada durante un sismo, y que, dependiendo de sus propiedades mecánicas, este absorberá en mayor o menor medida los esfuerzos generados.

Existen diversos modelos dinámicos de análisis interacción suelo - estructura, en esta ocasión, el modelo utilizado para la presente investigación es el de Barkan, el cual nos ha dado resultados satisfactorios que explican el comportamiento del suelo en condiciones de sismo.

#### **5.4. Contrastación de la hipótesis**

Se ha logrado comprobar que el suelo no es un elemento infinitamente rígido, como siempre se ha idealizado, por el contrario, es un elemento plástico capaz de sufrir deformaciones y absorber parte de los esfuerzos liberados durante un sismo.

Como se ha podido observar en los cuadros de esfuerzos y desplazamientos de los nudos, estos han tenido una variación de 1% a 4%, comparando la respuesta estructural obtenida, primero considerando una base rígida empotrada, y aplicando el método interacción suelo - estructura.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Como se pudo evidenciar, la incorporación de la interacción suelo - estructura genera una modificación significativa en la respuesta estructural del reservorio circular apoyado de concreto armado, en contraste con el modelo de base rígida. Específicamente, se observa que las propiedades del suelo influyen en el análisis sísmico, reduciendo las fuerzas internas en la estructura en un promedio de 5%, debido a la absorción parcial de la energía liberada durante el evento sísmico.
- Los desplazamientos en la estructura aumentan al considerar la interacción suelo - estructura, con variaciones entre 1% y 5% en comparación con el modelo de base rígida. Este incremento, predicho por el modelo de Barkan, demuestra que la flexibilidad del suelo permite una mayor deformación del sistema suelo - estructura.
- Las fuerzas actuantes en los elementos de la estructura cuando se aplica el modelo de interacción suelo - estructura son menores en comparación al modelo con base rígida, comprobándose que efectivamente el suelo, de acuerdo a sus propiedades y características absorbe parte de la energía liberada durante un sismo.
- Las fuerzas y momentos generados en los nudos de la idealización de la presión hidrostática, tanto en la masa impulsiva como en la convectiva, experimentan una disminución de entre 1% y 5% al considerar la interacción suelo estructura, en comparación con el modelo de base empotrada. Este resultado indica una menor demanda sobre las paredes del reservorio debido a la flexibilidad del suelo.
- El desplazamiento en el nudo donde se idealiza la presión hidrostática varía en 6 cm entre ambos métodos de análisis, resaltando la importancia de considerar la flexibilidad del suelo en la evaluación de la respuesta dinámica del reservorio.
- Los desplazamientos en los nudos de la estructura son mayores cuando se realiza un análisis con interacción suelo - estructura, que con un análisis con base empotrada. Estos desplazamientos varían en un rango de 1% a 3%. Esto refuerza la conclusión de que la ISE permite una representación más realista de las deformaciones en el sistema suelo - estructura.
- El periodo de vibración del reservorio es menor cuando se realiza el análisis de la estructura tomando en cuenta una base rígida, en cambio al realizar el análisis con la interacción suelo - estructura, el periodo de vibración de la estructura

aumenta, esto debido a que el suelo ya no es considerado un empotramiento rígido, sino que posee propiedades elásticas.

- Los periodos de vibración en la estructura, tanto en el modelo con base empotrada y el modelo de interacción suelo - estructura, el primer y segundo modo son de desplazamiento en el los ejes X e Y, el tercer modo de vibración es torsión en el eje Z y a partir del cuarto modo de vibración hacia adelante, la variación del periodo es mínima, y son combinaciones de los periodos anteriores.
- El análisis de un reservorio considerando una base empotrada, es un método más conservador para la reducción de los desplazamientos en la estructura, pero con ello las fuerzas actuantes son mayores, lo cual deriva en que las estructura sea más robusta y por ende el refuerzo sea mayor.
- La interacción suelo - estructura, es un método innovador para el diseño de estructuras, ya que considera al suelo como un elemento flexible y no rígido, el cual es capaz de absorber parte de la energía liberada durante un sismo, lo cual permite que las fuerzas que llegan a la estructura sean de menor magnitud. Esto permite reducir las fuerzas que llegan a la estructura, optimizando el diseño y los recursos.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda profundizar en el estudio de la interacción suelo - estructura, ya que su desarrollo es beneficioso en el diseño sísmico de estructuras, optimizando los elementos estructurales, pudiendo generar un beneficio económico.
- Se recomienda realizar el modelamiento con otros modelos de interacción suelo - estructura y comparar los resultados obtenidos.
- Se recomienda la elaboración de una norma para el diseño sísmico de reservorios, con parámetros propios de nuestro país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Commite 350. (2001). *Tightness Testing of Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350.1-01) and Commentary (350.1R-01)*. Michigan: American Concrete Institute.
- Aguilar, R., & Ortiz, D. (2017). Análisis sísmico de un edificio de doce pisos de la ciudad de Manta considerando interacción suelo estructura. *Ingeniería de Estructuras*, 252-279.
- Arias M., P. (2016). *Interacción dinámica suelo - estructura aplicada a distintas geometrías de cimentación (vibración transmitida del suelo a la estructura)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ávile Lopez, J. (1999). Interacción Suelo - Estructura: Conceptos de Diseño. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 25-35.
- Aviles, J., & Perez Rocha, L. E. (2004). Bases para las nuevas disposiciones reglamentarias sobre interacción dinámica suelo - estructura. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 1-36.
- Bharti, A. K., Garg, V., & Chandrawanshi, S. (2025). A critical review of seismic soil-structure interaction analysis. *Structures*, 72, 108221
- Fernández , A., Fernández , I., & Cobleo , W. (2023). Influencia de la interacción suelo-estructura estática en edificios de 100 metros de altura. *Ingeniería y desarrollo*, 215-232.
- Fernandez Sola, L., & Áviles Lopez, J. (2008). Efectos de la Interacción Suelo - Estructura en Edificios con Planta Baja Blanda. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 71-90.
- IGP. (2014). *Re- Evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Miranda M., E. (1995). Conceptos Básicos sobre Interacción Dinámica Suelo - Estructura. 1-5.
- MVCS. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- SENCICO. (2020). *Norma E.030 Diseño sismoresistente*. Lima, Perú: SENCICO.

- Soriano, A. (1989). Interacción Suelo - Estructura. Modificación del Movimiento. En A. Soriano, *Física de la Tierra* (págs. 287 - 308). España: Universidad Complutense de Madrid.
- Tena Colunga, A. (2019). Interacción suelo-estructura. reflexiones sobre su importancia en la respuesta dinámica de estructuras durante sismos. *Ingeniería de Estructuras*, 142-165.
- Tunque Centeno, C. (2018). *Ánàlisis y diseño de un reservorio apoyado según el código ACI. 350; tomando como base el modelo mecánico equivalente propuesto por G.W. Housner*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Villareal Castro, G. (2007). *Interacción Suelo - Estructura en Edificios Altos*. Lima: Asamblea Nacional de Rectores.
- Villareal, G. (2020). Interacción Sísmica Suelo - Estructura en Edificaciones con Zapatas Aisladas. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 311-332.

# **ANEXOS**

# Anexo 01

Estudio de Mecánica de Suelos

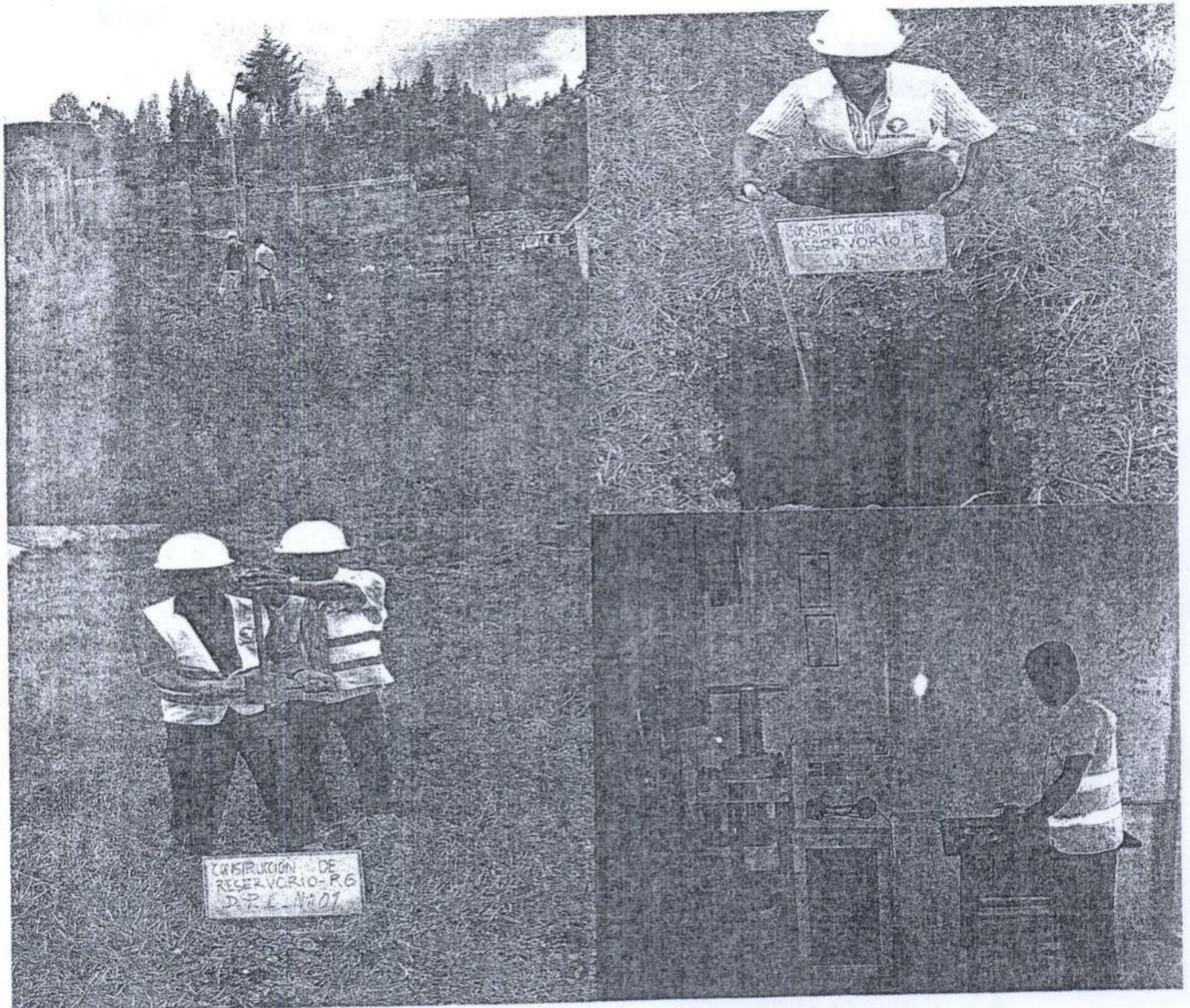


**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Cap. Juan Porcel Nº 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 076 431132, Cel. 976-882127. R.P.M. #0119741. Email : [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

# ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN



## PROYECTO:

**INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA  
(RESERVOIRIO APOYADO DE 1508 M<sup>3</sup>)**



**DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA**

**JAEN - CAJAMARCA, FEBRERO 2013**

**000071**



GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
Calle. Capitán Juan Porcel Nº 212 – Jaén – Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 076 431132, Cel. 976-882127. R.P.M. #0119741. Email : [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS,  
TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y  
VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

## INDICE

	Pagina
<b>1.0. GENERALIDADES.</b>	
1.1. Objetivo del Estudio.....	01
1.2. Ubicación y Descripción del Área en Estudio.....	01
1.3. Condición Climática.....	01
1.4. Coordenadas y Altitud de la Zona.....	02
<b>2.0. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO.....</b>	<b>02</b>
<b>3.0. INVESTIGACIONES DE CAMPO.</b>	
3.1 Trabajos de Campo.....	02
3.1.1. Calicatas.....	02
3.1.2. Muestreo Disturbado.....	02
3.1.3 Registro de Excavación.....	02
3.1.4 Preservación y Transporte de Suelos.....	03
3.1.5 Auscultaciones.....	03
<b>4.0. TRABAJOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>03</b>
4.1. Ensayos de Laboratorio.....	03
4.1.1. Ensayos Estándar.....	03
4.1.2. Ensayos Especiales.....	04
4.2. Clasificación de Suelos del Terreno de Fundación.....	04
<b>5.0. PERFIL ESTRATIGRÁFICO.....</b>	<b>05</b>
5.1 Descripción del Perfil Estratigráfico.....	05
5.2 Aspectos relacionados con la Napa Freática.....	06
<b>6.0. ANALISIS DE LA CIMENTACIÓN PARA EL RESERVOIRIO APOYADO (1508 M<sup>3</sup>)....</b>	<b>06</b>
6.1 Tipo y Profundidad de la Cimentación.....	06
6.2 Cálculo de la Capacidad Admisible de Carga (Corte Directo de Suelos).....	06-07
6.3 Cálculo de Asentamientos.....	07
<b>7.0. CONTENIDO DE SALES .....</b>	<b>08</b>
<b>8.0 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION.....</b>	<b>09</b>
<b>9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>10-12</b>

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP) Derechos Reservados RQ – GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vasquez Chuquilín  
ABOGADO EN LA MATERIA LEGAL

000076



LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



GEOCON VIAL  
INGENIEROS  
CONSULTORES  
E.I.R.L.

**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**  
Calle. Capitán Juan Porcel Nº 212 - Jaén - Cajamarca.  
R.U.C. 20495954847. Telef. 076 431132, Cel. 976-882127. R.P.M. #0119741. Email : [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS,  
TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y  
VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

**ANEXO I**  
ENSAYOS ESTÁNDAR DE LABORATORIO.

**ANEXO II**  
PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

**ANEXO III**  
ENSAYO DE CORTE DIRECTO DE SUELOS

**ANEXO IV**  
ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRAS DE SUELO.

**ANEXO V**  
CROQUIS DE UBICACIÓN DE CALICATAS Y CROQUIS DE DETALLE DE CIMENTACIÓN

**ANEXO VI**  
MAPAS DE ZONIFICACIÓN SISMICA DEL PERÚ

**ANEXO VII**  
MATERIAL FOTOGRÁFICO

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
REPRESENTANTE LEGAL

000069



Luis Rafael Quiroz Chihuán  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



**GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**  
Calle. Capitan Juan Porcel Nº 212 – Jaén – Cajamarca.  
R.U.C. 20495954847. Telef. 976-862127. Email : [geoconvial@hctmail.com](mailto:geoconvial@hctmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS,  
TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y  
VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

## INFORME TÉCNICO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION DEL RESERVORIO APOYADO (1508 M<sup>3</sup>)

### 1.0. GENERALIDADES.

#### 1.1 Objetivo del Estudio.

El presente informe Técnico tiene por finalidad dar a conocer al Ingeniero Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín, los resultados de las investigaciones del suelo de fundación donde se ejecutará el Proyecto: "Instalación del Reservoirio de Agua Potable R-6 en la Ciudad de Cajamarca"; por medio de trabajos de campo a través de tres pozos de exploración a cielo abierto o Calicatas, ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del subsuelo, sus propiedades de resistencia, deformación y labores de gabinete en base a los cuales se define el perfil estratigráfico, tipo, profundidad de cimentación, capacidad portante admisible, asentamiento probable; y las conclusiones y recomendaciones generales para la cimentación.

El programa de trabajo realizado con este propósito ha consistido en:

- Reconocimiento del terreno.
- Ejecución de Calicatas.
- Toma de Muestras de campo, preservación y transporte a Laboratorio.
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio.
- Perfiles Estratigráficos.
- Análisis de la Capacidad Portante Admisible.
- Cálculo de Asentamiento.
- Análisis de Sales Agresivas al Concreto.
- Conclusiones y Recomendaciones.

#### 1.2 Ubicación y Descripción del Área en Estudio.

El terreno destinado para la ejecución del Proyecto: "Instalación del Reservoirio de Agua Potable R-6 en la Ciudad de Cajamarca", se encuentra ubicado en el Sector: Santa Elena Parte Alta, Distrito de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, Región Cajamarca. Presenta una superficie relativamente ondulada y geometría irregular.

#### 1.3 Condición Climática.

La zona donde se realizo el estudio, presenta un clima frío y lluvioso, presentándose fuertes precipitaciones pluviales entre los meses de Diciembre a Marzo. La temperatura máxima es de 21° C y la mínima es de 4° C, presentándose las más bajas entre los meses de Julio y Agosto.

Prohibida su Reproducción Total o Parcial. INDECOPH. Derechos Reservados. RQ - GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
CONSTATANTE (CBA)

000068



LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUÁN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. Nº 123892



**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

**1.4 Coordenadas y Altitud de la Zona.**

El terreno en estudio se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas U.T.M.:

NORTE	9'206,173
ESTE	774,695
ALTITUD (m.s.n.m.)	2,780.00

**2.0. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.**

La ejecución del Proyecto: "Instalación del Reservorio de Agua Potable R-6 en la Ciudad de Cajamarca", consistirá en la construcción de un Reservorio Apoyado, con capacidad de 1508 m<sup>3</sup>, de concreto armado.

**3.0. INVESTIGACIONES DE CAMPO.**

**3.1. Trabajos de Campo.**

**3.1.1. Calicatas.**

Con la finalidad de determinar el Perfil Estratigráfico del área en estudio se han realizado tres excavaciones a cielo abierto o Calicatas, localizadas convenientemente a la siguiente profundidad:

**CUADRO DE CALICATAS**

CALICATA N°	COORDENADAS U.T.M.		PROFUNDIDAD (m.)	COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)	COTA DE FONDO (m.s.n.m.)
	NORTE	ESTE			
C - 1	9' 206,175	774,701	2.00	2778.00	2776.00
C - 2	9' 206,172	774,695	1.20	2779.00	2777.80
C - 3	9' 206,168	774,690	2.00	2781.00	2779.00

**3.1.2. Muestreo Disturbado.**

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados (Mab), en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de descripción e identificación de suelos, siguiendo los procedimientos de la Norma A.S.T.M. D 2488.

**3.1.3. Registro de Excavación.**

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como espesor, color, olor, condición de humedad, angulosidad, forma, consistencia o compacidad, cementación, reacción al HCl, estructura, tamaño máximo de partículas, etc; de acuerdo a la Norma A.S.T.M. D 2488.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
REPRESENTANTE LEGAL

000067



Luis Rafael Quiroz Chihuan  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 122802



**GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 – Jaén – Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconviai@hotmail.com](mailto:geoconviai@hotmail.com), [geoconviai@gmail.com](mailto:geoconviai@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

### 3.1.4. Preservación y Transporte de Suelos.

Por último, se realizaron las prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos, con destino hacia el laboratorio de la Empresa, para los posteriores ensayos, teniendo en cuenta la Norma A.S.T.M. D 4220.

### 3.1.5. Auscultaciones.

Se ejecuto ensayos de Auscultación con Penetrometro Dinámico Ligero de punta cónica, de acuerdo a la Norma NTP 339.159., con el objetivo de determinar in situ los principales parámetros geotécnicos como ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), cohesión (c) y densidad natural.

**CUADRO DE AUSCULTACIONES**

CALICAT A N°	UBICACIÓN CALICATA	PROFUNDIDAD TOTAL DE PENETRACION (m.)	COORDENADAS UT.M.		ALTITUD (m.s.n.m.)
			NORTE	ESTE	
A - 1	C - 2	1.00	9' 206,175	774,695	2779.00

## 4.0. TRABAJOS DE LABORATORIO.

Los trabajos en laboratorio incluyeron las siguientes actividades:

- Métodos para la reducción de muestras de campo a tamaño de muestras de ensayo, de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 702.
- Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo), siguiendo los lineamientos de la Norma A.S.T.M. C 702.

### 4.1. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Los ensayos estándar de laboratorio, se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Tecnología de Concreto y Tecnología del asfalto, de la empresa Geocon Vial - Ingenieros Consultores E.I.R.L., y el análisis químico de sales agresivas, bajo las Normas A.S.T.M. (American Society For Testing and Materials).

#### 4.1.1. Ensayos Estándar.

Se realizaron los siguientes ensayos:

- 03 Ensayos de Análisis Granulométrico. ASTM D-422.
- 03 Ensayos de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos. ASTM D-4318.
- 03 Ensayos de Contenido de humedad. ASTM D-2216.
- 03 Ensayos de Densidad Natural. ASTM D-2937.

Prohibida su Reproducción Total o Parcial INDECOPI Derechos Reservados RD - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquitan  
REPRESENTANTE LEGAL

000066



LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUÁN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 123207



**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**  
Calle. Capitan Juan Porcel Nº 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email: [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS,  
TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y  
VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

#### 4.1.2. Ensayos Especiales.

Fueron realizados los siguientes ensayos especiales de campo:

- Con las muestras representativas de las Calicatas C - 1, C - 2, y C - 3, se realizó el Ensayo de sales agresivas al concreto.
- Con la Muestra M - 1, de la Calicata C - 3, se realizó el Ensayo de Corte Directo en Suelos, (A.S.T.M. D 3080).
- Un ensayo de auscultación con Penetrometro Dinámico Ligero de punta cónica (DPL - NTP 339.159).

#### 4.2. Clasificación de Suelos del Terreno de Fundación.

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), bajo la Norma A.S.T.M. D 2487.

**CUADRO DE CLASIFICACIÓN**

CALICATA	C - 1		C - 2		C - 3
	M - 1	M - 1	M - 1	M - 2	M - 1
Profundidad (m)	0.50 - 1.30	1.30 - 2.00	0.00 - 0.90	0.90 - 1.20	0.20 - 2.00
% Pasa Tamiz Nº 4	72.97	100.00	99.89	83.24	100.00
% Pasa Tamiz Nº 200	59.51	98.14	70.41	39.59	98.71
Límite Líquido (%)	62	65	63	18	65
Índice Plástico (%)	32	42	33	5	42
Coefficiente Uniformidad (Cu)	-	-	-	-	-
Coefficiente Curvatura (Cc)	-	-	-	-	-
Diámetro Efectivo (D <sub>10</sub> )	-	-	-	-	-
Contenido de Humedad	17.84 %	16.70 %	21.36 %	6.03 %	18.92 %
Densidad Natural (gr/cm <sup>3</sup> )	1.35	1.62	1.35	1.54	1.62
Clasificación de Suelos "SUCS"	CH	CH	CH	SC - SM	CH

Prohibida la Reproducción Total o Parcial (INDECOP) Derechos Reservados RO - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilla  
REPRESENTANTE LEGAL

000065



Luis Rafael Quiroz Chihuan  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. Nº 123892



**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconviai@hotmail.com](mailto:geoconviai@hotmail.com), [geoconviai@gmail.com](mailto:geoconviai@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

## 5.0. PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

### 5.1 Descripción del Perfil Estratigráfico.

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación:

**La Calicata C - 1**, De 0.00 m. a 0.50 m., se encuentra una capa de relleno. De 0.50 m. a 1.30 m., se encuentra un estrato conformado por una Arcilla Limosa inorgánica, de mediana plasticidad y compresibilidad alta, de color marrón rojizo, alta resistencia en seco, nula dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia semi dura y sin olor; presenta apreciable proporción de grava T.M. 1 ½" (27.03 %), y elevada cantidad de arena gruesa a media (13.46 %). Es un material impermeable, de resistencia a la tubificación: alta y una resistencia al cortante: baja. Se encuentra consolidado, húmedo y presenta bajo contenido de sales sulfatadas. De 1.30 m. a 2.00 m., se encuentra un estrato conformado por una Arcilla Inorgánica, de alta plasticidad y compresibilidad alta, de color marrón amarillento, alta resistencia en seco, nula dilatación, alta tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia semi dura y sin olor; presenta escasa proporción de arena fina a gruesa (1.86 %), y exenta de gravilla. Es un material impermeable, de resistencia a la tubificación: alta y una resistencia al cortante: baja. Se encuentra consolidado, húmedo y presenta bajo contenido de sales sulfatadas.

**La Calicata C - 2**, De 0.00 m. a 0.90 m., se encuentra un estrato conformado por una Arcilla Limosa Arenosa Inorgánica, de mediana plasticidad, de color marrón amarillento, alta resistencia en seco, nula dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave y sin olor; presenta escasa proporción de gravilla (0.11 %). Es un material impermeable, de resistencia a la tubificación: alta y una resistencia al cortante: baja. Se encuentra consolidado, húmedo y presenta bajo contenido de sales sulfatadas. De 0.90 m. a 1.20 m., se encuentra un estrato conformado por una Arena Arcillo Limosa, de mediana plasticidad, de procedencia de roca sedimentaria llamada Arenisca, de grano fino, color crema claro con tonalidades rojizas (presencia de oxidaciones), ninguna reacción al ácido clorhídrico, y sin olor; presenta apreciable proporción de grava T.M. 1 ½" (16.76 %). Es un material permeable, de resistencia a la tubificación: media y una resistencia al cortante: regular. Se encuentra medianamente denso, húmedo y presenta bajo contenido de sales sulfatadas. > 1.20 m., se encuentra una roca sedimentaria llamada Arenisca, de grano fino, clasificada geotécnicamente como R5 (Roca muy Dura), con poca presencia de discontinuidades.

**La Calicata C - 3**, De 0.00 m. a 0.20 m., se encuentra una capa de pastos y raíces. De 0.00 m. a 2.00 m., se encuentra un estrato conformado por una Arcilla Inorgánica, de alta plasticidad y compresibilidad alta, de color marrón amarillento con tonalidades plomizas, alta resistencia en seco, nula dilatación, alta tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave y sin olor; de presenta escasa proporción de arena fina a gruesa (1.29 %), y exenta de gravilla. Es un material impermeable, de resistencia a la tubificación: alta y una resistencia al cortante: baja. Se encuentra consolidado, húmedo y presenta bajo contenido de sales sulfatadas.

CONSORCIO R6

Ingeniero Raúl Ernesto Vásquez Chuquilán

000064



LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email: [geoconvia@hotmail.com](mailto:geoconvia@hotmail.com), [geoconvia@gmail.com](mailto:geoconvia@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

**5.2 Aspectos Relacionados con la Napa Freática.**

Se debe señalar que no se encontró el nivel freático en las calicatas estudiadas.

**6.0. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN PARA EL RESERVORIO APOYADO (1508 M³).**

**6.1 Tipo y Profundidad de la Cimentación.**

De acuerdo a las características del sub suelo descrito anteriormente, se recomienda que la profundidad de cimentación sea a una profundidad mínima de - 2.00 m., con respecto al nivel del terreno actual, previamente nivelado, apoyado directamente sobre el estrato de Arcilla Inorgánica, de alta plasticidad, por medio de losa de cimentación, previo mejoramiento, con la salvedad de tener un adecuado sistema de drenaje, con el objeto de eliminar el alto potencial de expansión y preveer los asentamientos diferenciales.

**6.2 Cálculo de la Capacidad Admisible de Carga (Corte Directo en Suelos).**

Para la determinación de la Capacidad Admisible de carga, según el ensayo de Corte Directo de suelos, bajo la Norma A.S.T.M. D 3080, cuantifica un ángulo de fricción interna de 11.24° y un valor de cohesión de 0.26 Kg/cm².

Calicata	:	C - 3
Muestra	:	M - 1
Tipo de Suelo	:	CH.
Ángulo de fricción interna	φ =	11.24
Cohesión	=	0.26 Kg/cm²
Densidad Natural	γ <sub>H</sub> =	1.62 gr/cm³

Luego, aplicando la Teoría de Karl Terzaghi (falla por corte local), con los parámetros de Vesic, la Capacidad Portante Admisible será de:

**Cimentación Circular:**

$$q_{ult} = cN_c F_{cs} F_{cd} + qN_q F_{qs} F_{qd} + 0.5\gamma_t B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d}$$

Donde:

Profundidad de cimentación	D <sub>f</sub>	=	2.00 m.
Diámetro	D	=	16.00 m.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
REPRESENTANTE LEGAL

000063



Luis Rafael Quiroz Chihuan  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconviai@hotmail.com](mailto:geoconviai@hotmail.com), [geoconviai@gmail.com](mailto:geoconviai@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

**Vesic (1963)**

**Computation**

Nc =	7.3571	$N_c = (N_q - 1) \text{ctg } \phi$	$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \left( \frac{N_q}{N_c} \right)$
cs =	1.0000		
cd =	1.0500	$F_{cd} = 1 + 0.4K$	$N_q = \tan^2 (45 + \phi / 2) e^{\pi \text{tg } \phi}$
Nq =	1.9747		
qs =	1.0000	$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$	$F_{qd} = 1 + 2K(1 - \text{sen } \phi)^2 \tan \phi$
qd =	1.0250		
Ny =	0.7882	$N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi$	$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
ys =	1.0000		
yd =	1.0000	$F_{\gamma d} = 1$	
B/L =	0.0000		
k =	0.1250	$K = \frac{D}{B} \dots \text{si} \dots \frac{D}{B} \leq 1$	$K = \tan^{-1} \left( \frac{D}{B} \right) \dots \text{si} \dots \frac{D}{B} > 1$
W sub f	0.0000		

NOTA: Dwater=Distancia de la superficie al nivel freático

Reemplazando valores se obtiene:  $q_{ad} = 0.57 \text{ kg/cm}^2$

**6.3 Cálculo de Asentamientos.**

CÁLCULO DEL ASENTAMIENTO ELÁSTICO (Si)	
Presión neta aplicada	$q_{est} = 0.57 \text{ Kg/cm}^2$
Relación de Poisson	$m = 0.3$
Módulo de Elasticidad	$E_s = 300 \text{ Kg/cm}^2$
Asentamiento permisible	$S_{i(max)} = 5.00 \text{ cm}$
Ancho de la cimentación	$B = 16.00 \text{ m}$
Factor de forma	$I_s = 0.493 \text{ m/m}$
Factor de profundidad	$I_f = 0.91$
Asentamiento en centro de Zapata flexible	$S_i = 0.025 \text{ m}$
Asentamiento en centro de Zapata flexible	$S_i = 2.50 \text{ cm}$
Asentamiento para Zapata rígida	$S_{er} = 2.33 \text{ cm}$
<b>Correcto</b>	

$$S_i = \frac{q(\alpha B') (1 - \mu^2)}{E_s} I_s I_f$$

Ref. Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das, 5ta.ed.  
 Parámetros elásticos asumidos de tablas  
 NOTA: Dwater=Es la distancia de la superficie al nivel freático

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquimán  
 REPRESENTANTE LEGAL

000062



LUIS RAFAEL QUIROZ CHIUÁN  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 123892



**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954647. Telef. 976-882127. Email: [geoconvia@hotmail.com](mailto:geoconvia@hotmail.com), [geoconvia@gmail.com](mailto:geoconvia@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

**7.0. CONTENIDO DE SALES**

El resultado del Análisis Físico Químico efectuado con muestras representativas del estrato que conforma el subsuelo de fundación, presenta los siguientes valores:

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	pH	Sulfato como BaSO <sub>4</sub> (p.p.m)	CL <sup>-</sup> (p.p.m)	Sales Solubles Totales (p.p.m)
C - 1	M - 1	0.50 - 1.30	7.42	0.00	38.5	425
	M - 2	1.30 - 2.00	6.12	0.00	42.0	486
C - 2	M - 1	0.00 - 0.90	7.20	0.00	35.5	414
	M - 2	0.90 - 1.20	6.80	0.00	44.0	492
C - 3	M - 1	0.20 - 2.00	6.15	0.00	46.0	488

Dichos valores se encuentran por debajo de los límites mínimos permisibles de agresividad al concreto, en lo que respecta a sulfatos, debiéndose utilizar por consiguiente Cemento Portland Tipo I o Tipo I Co, en la preparación del concreto de la cimentación (proporción de sulfatos menor de 150 p.p.m.).



CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
ABOGADO EN LEGAL

000061



Ing. RAFAEL QUIROZ CHIMUAN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

- Es preciso recomendar que las construcciones a realizarse en el proyecto, se ejecute en épocas de estiaje para evitar en lo posible la saturación del suelo de fundación y el retraso en la programación de las partidas de obra correspondientes.
- Finalmente, podemos concluir, que para el diseño de la cimentación del Proyecto: "Instalación del Reservorio de Agua Potable R-6 en la Ciudad de Cajamarca", se deberá tener en cuenta todas las conclusiones y recomendaciones antes descritas, dada la importancia de la obra, de tal suerte, que se asegure mayor estabilidad y durabilidad de la estructura a construir.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
101	...	...	...	...	...
102	...	...	...	...	...
103	...	...	...	...	...
104	...	...	...	...	...
105	...	...	...	...	...



Prohibida la Reproducción Total o Parcial (INDECOP) Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**CONSORCIO R6**

Ing. Román Ernesto Vásquez Chuquillín  
REPRESENTANTE LEGAL

000060

  
Luis Rafael Quiroz Chihuan  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



**GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 – Jaén – Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconvia@hotmail.com](mailto:geoconvia@hotmail.com), [geoconvia@gmail.com](mailto:geoconvia@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

**8.0. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.**

<b>TIPO DE CIMENTACIÓN:</b> LOSA DE CIMENTACIÓN.	
<b>ESTRATO DE APOYO DE LA CIMENTACIÓN:</b> ARCILLA INORGANICA, DE ALTA PLASTICIDAD, COMPRESIBILIDAD ALTA Y CONSOLIDADA.	
<b>PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN</b>	
<b>PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:</b> - 2.00 m. SOBRE EL ESTRATO DE ARCILLA INORGANICA, DE ALTA PLASTICIDAD, COMPRESIBILIDAD ALTA Y CONSOLIDADA.	
<b>PRESIÓN ADMISIBLE:</b>	0.57 Kg/cm <sup>2</sup> (Según Parámetros de Resistencia Cortante)
<b>ASENTAMIENTO PERMISIBLE:</b>	2.0 pulgadas (Según Tipo de Cimentación: LAMBE)
<b>ASENTAMIENTO PROBABLE :</b>	2.33 cm.
<b>TIPO DE SUELO DESDE EL PUNTO DE VISTA SISMICO:</b>	
TIPO DE SUELO: S <sub>3</sub> , CATEGORÍA: A, FACTOR DE ZONA Z = 0.4, FACTOR DE USO U = 1.5, FACTOR DE SUELO S = 1.4 y PERIODO PREDOMINANTE Ts = 0.9 seg.	
<b>AGRESIVIDAD DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN:</b> AGRESIVIDAD BAJA.	
<b>RECOMENDACIONES ADICIONALES:</b> NO DEBE CIMENTARSE SOBRE TURBA, SUELO ORGANICO, TIERRA VEGETAL, DESMONTE O RELLENO SANITARIO Y QUE ESTOS MATERIALES INADECUADOS DEBERAN SER REMOVIDOS EN SU TOTALIDAD, ANTES DE CONSTRUIR LA CIMENTACIÓN Y SER REEMPLAZADOS CON MATERIALES SELECCIONADOS.	



Prohibida la Reproducción Total o Parcial (INDECOP) Derechos Reservados RO – GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín

000056



LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUÁN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconvia@hotmail.com](mailto:geoconvia@hotmail.com), [geoconvia@gmail.com](mailto:geoconvia@gmail.com).  
PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS,  
TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y  
VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

## 9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Correlacionando la investigación de campo realizada con los resultados de los ensayos de laboratorio y según el análisis efectuado en el transcurso del informe, establecemos las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El terreno en estudio se encuentra ubicado en el Sector Santa Elena Parte Alta, Distrito de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, Región Cajamarca, presenta una superficie relativamente ondulada y geometría irregular.
- El subsuelo del terreno en estudio, del proyecto: "Instalación del Reservorio de Agua Potable R-6 en la Ciudad de Cajamarca", presenta un estrato de relleno y materia orgánica., como primer estrato está conformado por arcillas limosas inorgánicas y arcillas limosas arenosas, de mediana plasticidad, con elevada proporción de grava. Se encuentran consolidadas, húmedas y presentan bajo contenido de sales sulfatadas. A continuación se encuentran arenas arcillo limosas, de mediana plasticidad, con apreciable proporción de grava. Se encuentran medianamente densas, húmedas y presentan bajo contenido de sales sulfatadas.
- Se recomienda que el nivel de cimentación, sea a una profundidad mínima de - 2.00 m. (Nivel de Excavación Cota: 2778.40 m.s.n.m.), con respecto al nivel del sub rasante (Cota Sub Rasante: 2776.40 m.s.n.m.), previa eliminación de la capa de relleno y/o pastos y raíces.
- Se cimentará sobre losa de cimentación, para una capacidad portante admisible, (valor que decrece con el incremento de humedad del suelo y el posterior colapso de la estructura, si no se ejecuta su mejoramiento):

$$q_{ad} = 0.57 \text{ Kg/cm}^2$$

- Se recomienda que a partir del nivel de cimentación propuesto (-2.00 m.), en las zonas arcillosas limosas, de alta plasticidad y compresibilidad alta, se realice un mejoramiento del terreno de fundación, que consistirá en la colocación de dos capas de piedra de forma redondeada y sub redondeada de tamaño máximo de 6" (-1.70 m.), bien compactadas; a continuación se colocara una capa de 0.20 m., de grava bien gradada (GW) o afirmado, compactada al 95 % de la máxima densidad seca del Proctor Modificado: Norma A.S.T.M. D 1557. (-1.50 m.). Este mejoramiento se recomienda con la finalidad de incrementar la capacidad portante, prevenir la ascensión capilar y posibilitar la evacuación de filtraciones de agua. Ver Anexo V (Croquis de Detalle de Cimentación).
- Considerar que ejecutando el mejoramiento de la sub rasante, y asumiendo parámetros mínimos de resistencia cortante, para el afirmado ( $\phi = 30^\circ$ ,  $c = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $\gamma_H = 2.02 \text{ gr/cm}^3$ ), y  $D_f = 1.50 \text{ m}$ , se obtiene como capacidad portante admisible:

$$q_{ad} = 2.55 \text{ Kg/cm}^2$$



Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados. RD - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
REPRESENTANTE LEGAL

000058



LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUÁN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



**GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitan Juan Porcel N° 212 - Jaén - Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconvia@hotmail.com](mailto:geoconvia@hotmail.com), [geoconvia@gmail.com](mailto:geoconvia@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

- Se recomienda en caso de encontrar a la profundidad de cimentación, un macizo rocoso conformado por roca arenisca, eliminar los estratos meteorizados o fracturados y cimentar en roca sana, por presentar elevados valores de resistencia a compresión uniaxial.
- El ingeniero estructural, estará a cargo de determinar la sección y el tipo de cimentación, acorde a la capacidad portante del terreno de fundación compatible con las cargas transmitidas y la Norma Técnica E - 060.
- Se recomienda con la finalidad de conseguir un concreto impermeable, utilizar una relación Agua/Material Cementante = 0.50, en la estructuras del reservorio apoyado de 1508 m<sup>3</sup>.
- El concreto a utilizar en la cimentación debe ser diseñado por un especialista en Tecnología del Concreto, empleando agregados que deben cumplir con la Norma A.S.T.M. C 33-99a. Además, el agua a ser utilizada para las mezclas de concreto, debe cumplir con la Norma N.T.P. 339.088. Asimismo, se debe utilizar en el concreto de la cimentación Cemento Portland Tipo I o Tipo I Co (proporción de sulfatos menor de 150 p.p.m.). Asimismo utilizar agregados lavados, por cuanto pueden contener sales sulfatadas que influyen negativamente en las propiedades del concreto.
- Se recomienda utilizar un aditivo reductor de agua de rango medio - plastificante, que cumpla con la Norma A.S.T.M. C 494, con la finalidad de darle mayor trabajabilidad, cohesividad, reducir la segregación y exudación de la mezcla de concreto fresco e incrementar la resistencia mecánica del concreto endurecido de la cimentación y otorgarle mayor durabilidad.
- Se recomienda que para el proyecto: "Instalación del Reservorio de Agua Potable R-6 en la Ciudad de Cajamarca", se deberá realizar muestreo de especímenes de las mezclas de concreto a elaborar en la ejecución de la Obra, acorde a la Norma A.S.T.M C 172. Asimismo, se debe utilizar un método de curado adecuado para el concreto acorde a la Norma A.S.T.M. C 31 M-98, con la finalidad de alcanzar el grado de hidratación y por ende la resistencia mecánica requerida en obra y los especímenes de concreto deberán ensayarse de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 39, con la finalidad de evaluar el control de calidad del concreto en concordancia con el Reglamento ACI 318 - 2004.
- Para la aplicación de las Normas de Diseño Sismo resistente del R.N.C. debe considerarse: Categoría: A, Factor de Zona Z = 0.4, Factor de Uso U = 1.5, Factor de Suelo S = 1.4, y Periodo predominante Ts = 0.9 seg, y para el análisis pseudo estático se recomienda un valor  $\alpha = 0.20$  g.
- Se recomienda construir un sistema adecuado de drenaje y/o impermeabilizado, alrededor de toda la cimentación y zonas próximas al reservorio, con el objeto de impedir la infiltración de aguas pluviales en el terreno de fundación, lo que ocasionaría el incremento en el contenido de humedad del terreno, saturación del mismo, condición favorable para que se produzcan variaciones volumétricas, con consiguiente formación de asentamientos diferenciales, por la alta expansión de la arcilla.



Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados. RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**CONSORCIO R6**

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilin  
COORDINANTE LEGAL

000057



LUIS RAFAEL OUTROZ CHIHUAN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



**GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Calle. Capitán Juan Porcel N° 212 – Jaén – Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

---

# ANEXO I

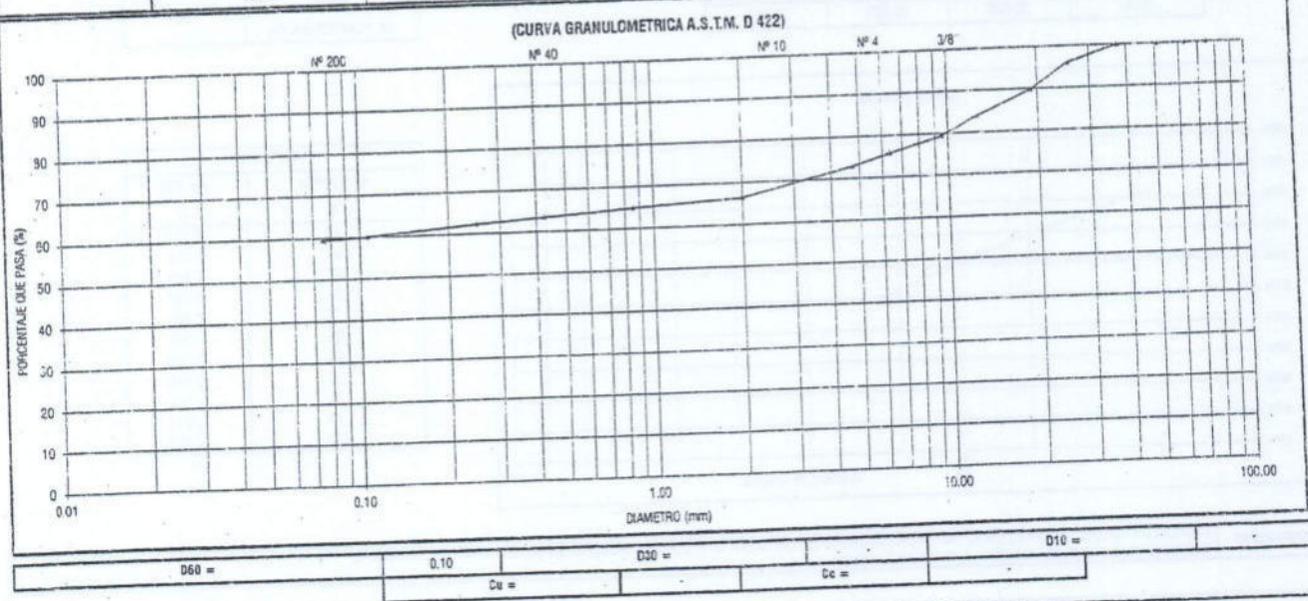
## ENSAYOS DE LABORATORIO



	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD		
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO	
	OCF-CAAS-01		CODIGO :	202-13-MS-MCA-001	
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL		
PROYECTO :	INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.	
UBICACION :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.	
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.	
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION		
CALICATA :	C - 1	CODIGO MUESTRA:	202-MLCA-001	PROFUNDIDAD :	0.50 m. A 1.30 m.
MUESTRA :	M - 1	FECHA :	23 - 02 - 2013	CLASIFICACION DEL SUELO	CH
				NORMA A.S.T.M. D 2487	

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.S.T.M. D 422**  
**METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

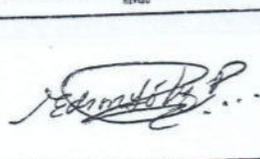
	TAMIZ		P.RET	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	MUESTRA TOTAL HUMEDA		
	Nº	ABERTURA(mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RET. ACUMULADO	QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110° C
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)		
	2 1/4"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < Nº 4 (g)		
	2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > Nº 4 (g)		
	1 3/4"	37.50	0.00	0.00	0.00	95.99	MUESTRA TOTAL SECA		
	1"	25.40	40.10	40.10	4.01	89.84	PESO TOTAL MUESTRA SECA < Nº 4 (g) WF		
	3/4"	19.00	61.46	101.56	10.15	83.97	PESO TOTAL MUESTRA SECA > Nº 4 (g) WG		
	1/2"	12.50	58.76	160.32	16.03	75.42	PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)		
	3/8"	9.50	45.45	205.77	20.58	75.80	ANALISIS FRACCION GRUESA		
	1/4"	6.35	36.26	242.03	24.20	72.67	TOTAL		
	Nº 4	4.75	28.24	270.27	27.03	66.50	WG = 270.27		
FRACCION FINA	Nº 10	2.00	64.71	334.96	33.50	64.94	ANALISIS FRACCION FINA		
	Nº 20	0.85	15.63	350.61	35.56	63.44	TOTAL		
	Nº 40	0.43	15.02	365.63	37.71	62.29	WG = 270.27		
	Nº 60	0.25	11.48	377.11	39.90	60.10	CORRECCION CUARTO :		
	Nº 140	0.11	21.59	399.01	40.49	59.51	WF/S = 1.00		
	Nº 200	0.08	5.90	404.91	100.00	0.00	PESO PORCION SECA :		
	CAZOLETA	--	595.09	1000.00	100.00	0.00	S = 726.7		
TOTAL			1000.00						



**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA ( A.S.T.M. D 2487 - STANDARD CLASSIFICATION OF SOILS FOR ENGINEERING PURPOSES ), Y SE DESCRIBE COMO UNA ARCILLA LIMOSA INORGANICA, DE MEDIANA PLASTICIDAD, MEZCLADA CON APRECIABLE PROPORCION DE GRAVA T.M. 1 1/2" (27.03 %), Y ELEVADA CANTIDAD DE ARENA GRUESA A MEDIA (13.46 %).

**CLASIFICACION GENERAL:** PESIMO

**TERRENO DE FUNDACION:**

EJECUTO	REVISO	Yo. Sa.	APROBADO
			
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA

Emilio Soverón Díaz  
SUPERVISOR DE CAMPO  
GEOCON VIAL  
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Luis Rafael Quiroz Chihuan  
INGENIERO CIVIL  
REG. CH. Nº 2604

Prohibida la Reproducción de este Formato de Control de Calidad sin el consentimiento escrito de GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.



	<b>GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>		<b>OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD</b>		
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO	
	QCF-CAAS-02		CODIGO :	202-13-MS-MCA-002	
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL		
PROYECTO :	INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.	
UBICACION :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.	
SOLICITANTE :	INGENIERO RAL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.	
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION		
CALICATA :	C - 1	CODIGO MUESTRA :	202-MLCA-001	PROFUNDIDAD :	0.50 m. A 1.30 m.
MUESTRA :	M - 1	FECHA :	23 - 02 - 2013	CLASIFICACION DEL SUELO	NORMA A.S.T.M. D 2487
					CH

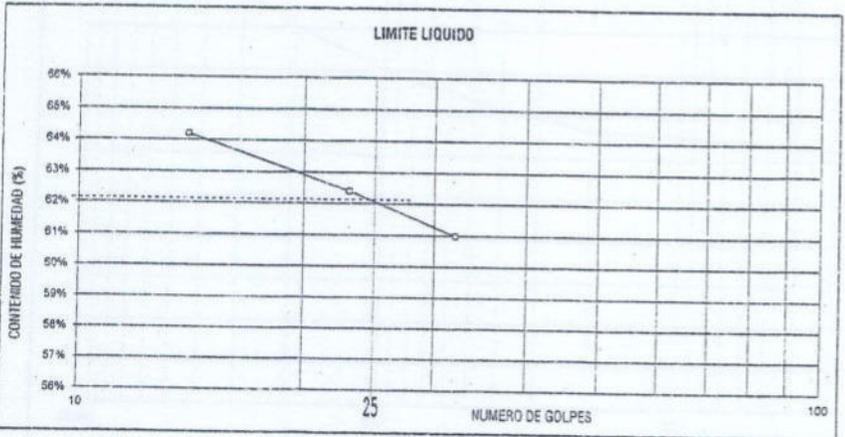
**STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - A.S.T.M. D 4318**  
**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

LIMITE LIQUIDO			
TARA Nº	1	2	3
Wt+ M.Húmeda (gr)	55.80	46.00	53.80
Wt+ M. Seca (gr)	49.70	40.82	48.42
W agua (gr)	5.10	5.38	5.38
W tara (gr)	40.20	32.00	39.60
W M.Seca (gr)	9.50	8.82	8.82
W(%)	64.21%	52.41%	61.00%
N.GOLPES	14	23	32

LIMITE PLASTICO			
TARA Nº	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	43.20	45.30	
Wt+ M. Seca (gr)	41.45	43.75	
W agua (gr)	1.75	1.55	
W tara (gr)	36.70	38.50	
W M.Seca (gr)	5.75	5.25	
W(%)	30.43%	29.52%	29.98%

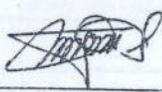
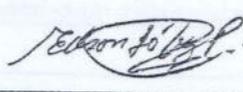
TEMPERATURA DE SECADO
PREPARACION DE MUESTRA
60°C      110° C
CONTENIDO DE HUMEDAD
60°C      110° C
AGUA USADA
DESTILADA
POTABLE
GTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	62
LIMITE PLASTICO (%)	30
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	32



UNIPUNTO	
Nº GOLPES	FACTOR
N	K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

OBSERVACIONES: EL CALCULO Y REPORTE DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACION AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SIMBOLO DE PORCENTAJE, DE ACUERDO A LA NORMA A.S.T.M. D 4318.

 EDSON LOPEZ PARRA <small>TECNICO DE LAB</small>	 EMILIO SABERON DIAZ <small>SUPERVISOR DE CAMPO</small>	 LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN <small>INGENIERO CIVIL</small> REG. INGENIEROS Nº 123892
---	--	--

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RO - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**CONSORCIO R6**

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
 REPRESENTANTE LEGAL



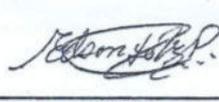
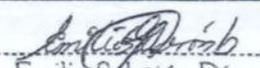
000054

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO
	OCF-CAAS-03		CODIGO :	202-13-MS-MCA-003
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-5 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.
UBICACIÓN :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA. REGIÓN: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION	
CALIGATA :	C - 1	PROFUNDIDAD :	9.50 m. A 1.30 m.	
MUESTRA :	M - 1	CODIGO MUESTRA :	202-MLCA-001	FECHA :
				23 - 02 - 2013
				CLASIFICACION DEL SUELO NORMA A.S.T.M. D 2467
				CH

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK - A.S.T.M. D 2216  
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

CALIGATA :	C - 1		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYE :	1	2	3
W (tara + M.Húmeda)	209.82	212.34	210.08
W (tara + M Seca)	181.28	184.02	181.72
W agua	28.54	28.32	28.34
W tara	23.23	23.18	23.01
W Muestra Seca	158.05	160.84	158.71
W(%)	18.06%	17.51%	17.96%
W (%) Promedio :	17.84%		

OBSERVACIONES:

 <small>NOMBRE Y FIRMA</small>	 <small>NOMBRE Y FIRMA</small>	 <b>Emilio Soberón Díaz</b> SUPERVISOR DE CAMPO <small>INGENIERO CONSULTOR E.I.R.L.</small>	 <b>LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN</b> INGENIERO CIVIL <small>RE. C. 16. 11. 123807</small>
--	--	---	---

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**CONSORCIO R6**

Ing. Raul Ernesto Vásquez Chuquilin  
REPRESENTANTE LEGAL



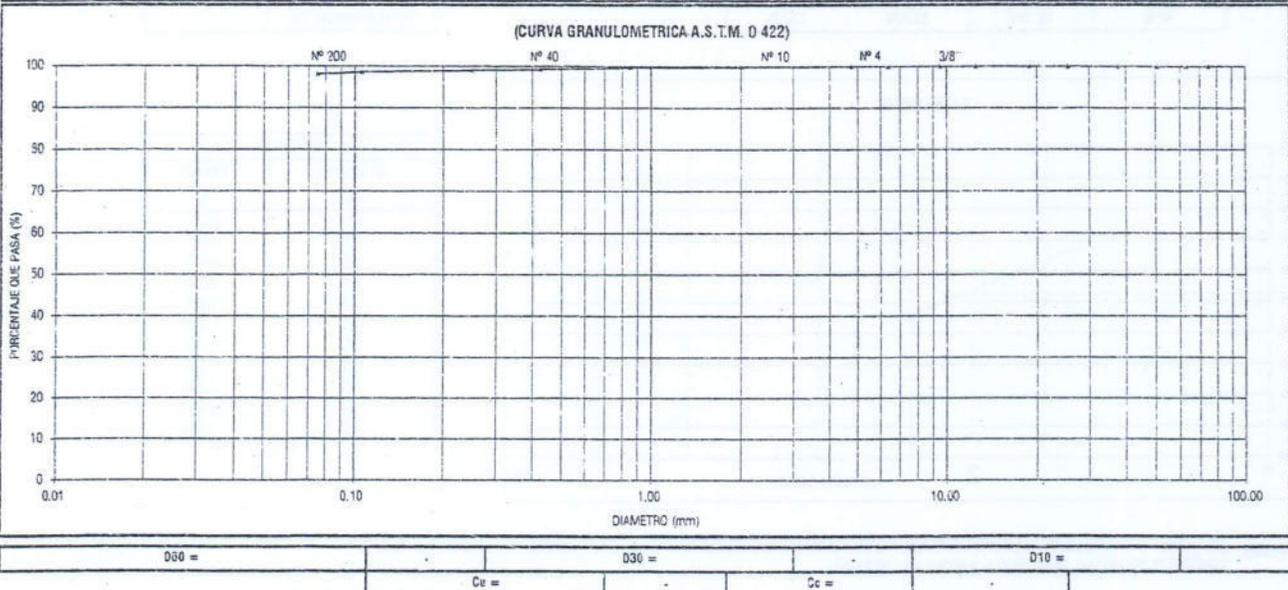
000053



	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD					
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO				
	OCF-CAAS-01		CODIGO:	202-13-MS-MCA-006				
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL					
PROYECTO :	INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.				
UBICACIÓN :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.				
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.				
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION					
CALICATA :	C - 1	CODIGO MUESTRA :	282-MLCA-002	PROFUNDIDAD :	1.30 m. A 2.00 m.	CLASIFICACION DEL SUELO	NORMA A.S.T.M. D 2487	CH
MUESTRA :	M - 2	FECHA :	23 - 02 - 2013					

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.S.T.M. D 422**  
**METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

	TAMIZ		P.RET	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	MUESTRA TOTAL HUMEDA			
	Nº	ABERTURA(mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RET. ACUMULADO	QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110° C	
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)		583.5	
	2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < Nº 4 (gr)		563.5	
	2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > Nº 4 (gr)		0.0	
	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	MUESTRA TOTAL SECA			
	1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA < Nº 4 (gr) WF		500.0	
	3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA > Nº 4 (gr) WD		9.00	
	1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)		500.0	
	3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	ANALISIS FRACCION GRUESA			
	1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	TOTAL	W/S =	0.00	
	Nº 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	ANALISIS FRACCION FINA			
FRACCION FINA	Nº 10	2.00	0.54	0.54	0.11	99.89	CORRECCION CUARTED:		W/S =	1.00
	Nº 20	0.85	0.74	1.28	0.26	99.74	PESO PORCION SECA:		S =	500.0
	Nº 40	0.43	2.19	3.47	0.69	99.31				
	Nº 60	0.25	1.25	4.72	0.94	99.06				
	Nº 140	0.11	2.03	6.75	1.35	98.65				
	Nº 200	0.08	2.57	9.32	1.86	98.14				
	CAZOLETA	--	490.68	500.00	100.00	0.00				
TOTAL			500.00							



**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA ( A.S.T.M. D 2487 - STANDARD CLASSIFICATION OF SOILS FOR ENGINEERING PURPOSES ), Y SE DESCRIBE COMO UNA ARCILLA INORGANICA, DE ALTA PLASTICIDAD, MEZCLADA CON ESCASA PROPORCIÓN DE ARENA FINA A GRUESA (1.86 %).

**CLASIFICACION GENERAL:** PESIMO

**TERRENO DE FUNDACION:**

EJECUTO	REVISO	Nº. de	APROBADO CC-JA
		Emilio Sobeton Diaz SUPERVISOR DE CAMPO GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.F	 LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 123892
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA

**CONSORCIO R6**  
 Ing. Raul Ernesto Vasquez Chuquilin

000051



	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO
	QCF-CAAS-02		CODIGO :	202-13-MS-MCA-007
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.
UBICACION :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUGUOLIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION	
CALICATA :	C - 1	PROFUNDIDAD :	1.30 m. A 2.00 m.	
MUESTRA :	M - 2	CODIGO MUESTRA :	202-MLCA-002	FECHA :
				23 - 02 - 2013
				CLASIFICACION DEL SUELO - NORMA A.S.T.M. D 2487
				CH

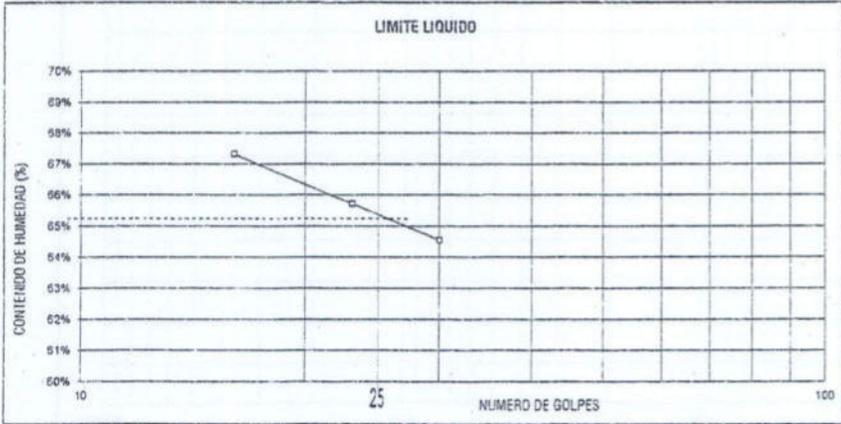
**STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - A.S.T.M. D 4318**  
**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

LIMITE LIQUIDO			
TARA Nº	1	2	3
Wt+ M.Húmeda (gr)	51.73	51.61	53.66
Wt+ M. Seca (gr)	45.65	46.94	48.16
W agua (gr)	6.08	4.87	5.52
W tara (gr)	36.62	39.53	39.61
W M.Seca (gr)	9.03	7.41	8.55
W(%)	67.33%	65.72%	64.56%
N.GOLPES	16	23	30

LIMITE PLASTICO			
TARA Nº	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	38.44	37.37	
Wt+ M. Seca (gr)	36.20	35.15	
W agua (gr)	2.24	2.22	
W tara (gr)	26.53	26.67	
W M.Seca (gr)	9.67	9.48	
W(%)	23.16%	23.42%	23.29%

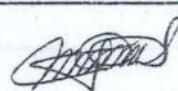
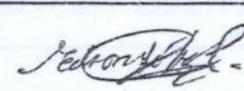
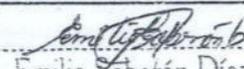
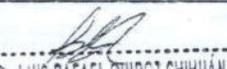
TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACION DE MUESTRA	
60°C	110° C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
50°C	110° C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LIMITE LIQUIDO (%)	65
LIMITE PLASTICO (%)	23
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	42



UNIPUNTO	
Nº GOLPES	FACTOR
N	K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

**OBSERVACIONES:** EL CALCULO Y REPORTE DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACION AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SIMBOLO DE PORCENTAJE, DE ACUERDO A LA NORMA A.S.T.M. D 4318.

LICITO  NOMBRE Y FIRMA	REVISO  NOMBRE Y FIRMA	Vº. SA.  <b>Emilio Zoberón Díaz</b> SUPERVISOR DE CAMPO <small>C. EDSON LOPEZ PARRA, V.T.A.C. D.T.C.P. 10.01.13</small>	APROBO CC-CA.  <b>LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN</b> INGENIERO CIVIL <small>REG. CIP. Nº 423892</small>
---	---	--	--

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**CONSORCIO R6**  
 Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuau  
 REPRESENTANTE LEY 4



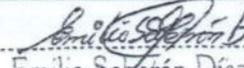
000050

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO
	QCF-CAAS-03		CODIGO:	202-13-MS-MCA-008
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.
UBICACION :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION	
CALICATA :	C - 1	PROFUNDIDAD :	1.30 m. A 2.00 m.	
MUESTRA :	M - 2	FECHA :	23 - 02 - 2013	
		CODIGO MUESTRA:	202-MLCA-002	CH
			NORMA A.S.T.M. D 2487	

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINACION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK - A.S.T.M. D 2216  
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

CALICATA :	C - 1		
MUESTRA :	M - 2		
ENSAYE :	1	2	3
W (tara + M. Húmeda)	211.08	213.44	206.09
W (tara + M. Seca)	184.78	185.77	181.42
W agua	26.30	27.67	26.67
W tara	23.16	23.23	22.81
W Muestra Seca	161.62	162.54	158.61
W(%)	16.27%	17.02%	16.81%
W (%) Promedio :	16.70%		

OBSERVACIONES:

EJECUTO	REVISO	VS. GR.	APROBO DG-GA
		 Emilio Soberón Díaz SUPERVISOR DE CAMPO	 LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 123802
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilin  
REPRESENTANTE LEGAL



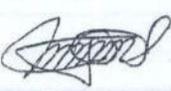
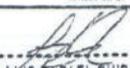
000049

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.			OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD			SECTOR :	LABORATORIO
	QCF-CCAS-05			CODIGO:	202-13-MS-MCA-010
DATOS DEL PROYECTO				DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.			GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.
UBICACIÓN :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.			JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.			TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.
DATOS DEL MUESTREO				CLASIFICACION DEL SUELO CON PINES DE CIMENTACION	
CALICATA :	C - 1	CODIGO MUESTRA:	202-MLCA-002	PROFUNDIDAD :	1.30 m. A 2.00 m.
MUESTRA :	M - 2			FECHA :	23 - 02 - 2013
					CLASIFICACION DEL SUELO NORMA A.S.T.M. D 2487
					CH

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE (PESO VOLUMETRICO DE UN SUELO)  
A.S.T.M. D 2937**

CALICATA :	C - 1		
MUESTRA :	M - 2		
ENSAYE :	1	2	3
W Cilindro + M. Natural (gr)	418.00	420.00	420.00
W Cilindro (gr)	253.00	253.00	253.00
W M. Natural (gr)	165.00	167.00	167.00
Volumen (cm <sup>3</sup> )	102.98	102.98	102.98
Densidad Natural (gr/cm <sup>3</sup> )	1.60	1.62	1.62
Densidad Natural Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	1.62		

OBSERVACIONES:

EXECUTO	REVISO	IN. DE	APROBADO CC-CA
			
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	EMILIO SOBERÓN DÍAZ SUPERVISOR DE CAMPO	LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilin  
REPRESENTANTE LEGAL

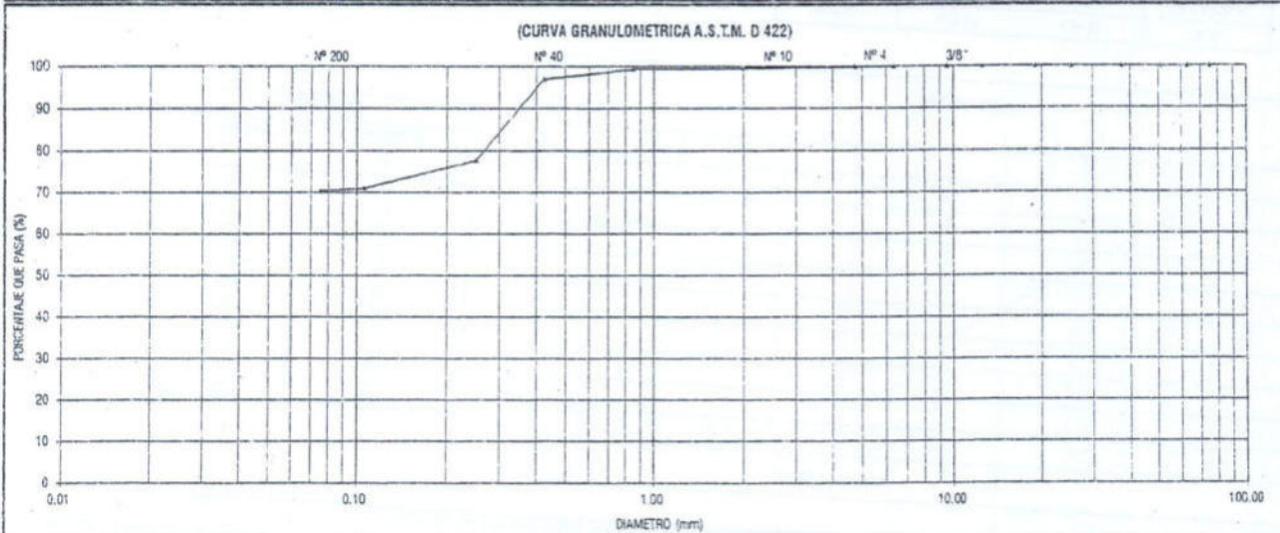


000048

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO
	QCF-CAAS-01		CODIGO:	202-13-MS-MCA-011
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INSTALACION DEL RESERVORIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.
UBICACION :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION	
CALICATA :	C - 2	PROFUNDIDAD :	0.00 m. A 0.90 m.	
MUESTRA :	M - 1	FECHA :	23 - 02 - 2013	
		CODIGO MUESTRA:	202-MLCA-003	CLASIFICACION DEL SUELO NORMA A.S.T.M. D 2487
				CH

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.S.T.M. D 422**  
**METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

FRACCION	TAMIZ		P.RET	P.RET	PORCENTAJE	PORCENTAJE	MUESTRA TOTAL HUMEDA		
	Nº	ABERTURA(mm)	PARCIAL	ACUMULADO	RET. ACUMULADO	QUE PASA	TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110° C
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)		506.7
	2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < Nº 1 (g)		606.1
	2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > Nº 4 (g)		0.6
	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	MUESTRA TOTAL SECA		
	1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA < Nº 4 (g) WF		499.5
	3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA SECA > Nº 4 (g) WG		0.54
	1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	ANALISIS FRACCION GRUESA		
	3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	TOTAL	W/G =	0.54
	1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	ANALISIS FRACCION FINA		
	Nº 4	4.75	0.54	0.54	0.11	99.89	CORRECCION CUARTO :	W/S	1.00
FRACCION FINA	Nº 10	2.00	1.60	2.14	0.43	99.57	PESO PROXIMO SECA :		S =
	Nº 20	0.85	1.17	3.31	0.66	99.34	MUESTRA TOTAL HUMEDA		
	Nº 40	0.43	11.73	15.04	3.01	96.99	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)		500.0
	Nº 60	0.25	96.14	111.17	22.23	77.77	ANALISIS FRACCION FINA		
	Nº 140	0.11	33.60	144.77	28.95	71.05	TOTAL	W/G =	0.54
	Nº 200	0.08	3.18	147.95	29.59	70.41	ANALISIS FRACCION FINA		
	CAZOLETA	--	352.05	500.00	100.00	0.00	CORRECCION CUARTO :	W/S	1.00
TOTAL			500.00			PESO PROXIMO SECA :	S =	499.5	



D60 =		D30 =		D10 =	
Cu =		Cc =			

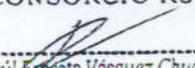
OBSERVACIONES: LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA ( A.S.T.M. D 2487 - STANDARD CLASSIFICATION OF SOILS FOR ENGINEERING PURPOSES ), Y SE DESCRIBE COMO UNA ARCILLA LIMOSA ARENOSA INORGANICA, DE MEDIANA PLASTICIDAD, MEZCLADA CON ESCASA PROPORCION DE GRAVILLA (0.11 %).

CLASIFICACION GENERAL: PESIMO

TERRENO DE FUNDACION:

ELABORADO	REVISADO	W. S.	APROBADO CC-IA
			
NUMERO Y FIRMA	NUMERO Y FIRMA	NUMERO Y FIRMA	NUMERO Y FIRMA
		Emilio Soberón Díaz SUPERVISOR DE CAMPO GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	Luis Rafael Quiroz Chihuan INGENIERO CIVIL REG. CIP. Nº 123892

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INTELECTUAL) - Detectada Reproducción en Internet - No se permite su uso sin autorización expresa.

CONSORCIO R6  
  
 Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquillín

000047



	<b>GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>		<b>OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD</b>		
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO	
	QCF-CAAS-02		CODIGO:	202-13-MS-MCA-012	
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL		
PROYECTO :	INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA,		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.	
UBICACION :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN	
SOLICITANTE :	INGENIERO RAIL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.	
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION		
CALICATA :	C - 2	CODIGO MUESTRA:	202-MLCA-003	PROFUNDIDAD :	0.00 m. A 0.90 m.
MUESTRA :	M - 1	FECHA :	23 - 02 - 2013	CLASIFICACION DEL SUELO	NORMA A.S.T.M. D 2487
				CH	

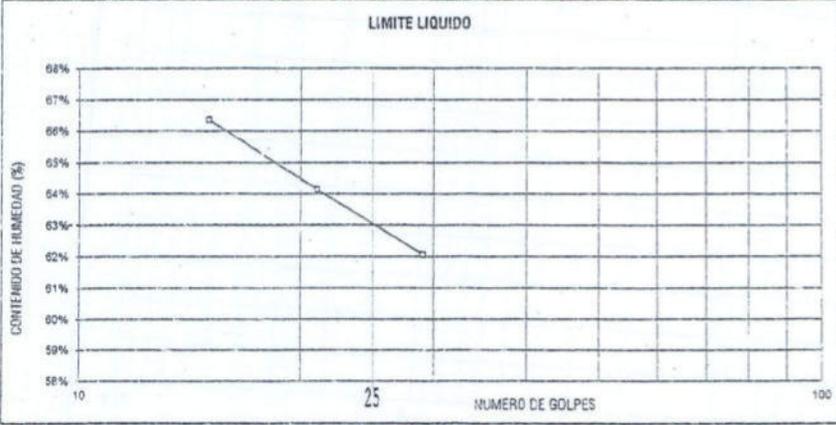
**STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - A.S.T.M. D 4318**  
**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

LIMITE LIQUIDO			
TARA Nº	1	2	3
Wt+ M.Húmeda (gr)	41.50	48.50	45.50
Wt+ M. Seca (gr)	37.71	45.10	41.90
W agua (gr)	3.79	3.40	3.60
W tara (gr)	32.00	39.80	36.10
W M.Seca (gr)	5.71	5.30	5.80
W(%)	66.37%	64.15%	62.07%
N.GOLPES	15	21	29

LIMITE PLASTICO			
TARA Nº	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	38.70	41.00	
Wt+ M. Seca (gr)	38.04	40.38	
W agua (gr)	0.66	0.62	
W tara (gr)	35.80	38.30	
W M.Seca (gr)	2.24	2.08	
W(%)	29.46%	29.81%	29.64%

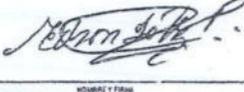
TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACION DE MUESTRA	
60°C	110°C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60°C	110°C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LIMITE LIQUIDO (%)	63
LIMITE PLASTICO (%)	30
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	33



UNIPUNTO	
Nº GOLPES	FACTOR
N	K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

OBSERVACIONES: EL CALCULO Y REPORTE DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACION AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SIMBOLO DE PORCENTAJE, DE ACUERDO A LA NORMA A.S.T.M. D 4318.

 INGENIERO Y FIRMA	 NOMBRE Y FIRMA	 <b>Emilio Soberón Díaz</b> SUPERVISOR DE CAMPO	 <b>LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN</b> INGENIERO CIVIL REG. CIP. Nº 123002
--	---	--	--

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP), Derechos Reservados RD - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**CONSORCIO R6**  
 Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
 REPRESENTANTE LEGAL



000046



GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD

FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD

SECTOR : LABORATORIO

CODIGO: 202-13-MS-MCA-013

QCF-CAAS-03

DATOS DEL PROYECTO

DATOS DEL PERSONAL

OBJETO : INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.  
UBICACION : DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.  
ELABORADO POR : INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.

GERENTE GENERAL : ING. RAFAEL QUIROZ CH.  
JEFE DE CALIDAD : ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.  
TECNICO DE LAB : EDSON LOPEZ PARRA.

DATOS DEL MUESTREO

CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION

TIPO DE MUESTRA : C - 2  
CATEGORIA : M - 1  
CODIGO MUESTRA: 202-MLCA-003  
PROFUNDIDAD : 0.00 m. A 0.90 m.  
FECHA : 23 - 02 - 2013

CLASIFICACION DEL SUELO  
NORMA A.S.T.M. D 2487  
CH.

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINACION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK - A.S.T.M. D 2216  
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

CALICATA :	C - 2		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYE :	1	2	3
W (tara + M. Húmeda)	208.82	212.64	210.38
W (tara + M Seca)	176.18	178.86	177.94
W agua	32.64	33.78	32.44
W tara	23.39	23.06	23.74
W Muestra Seca	152.79	155.80	154.20
W(%)	21.36%	21.68%	21.04%
W (%) Promedio :	21.36%		

OBSERVACIONES:

ELABORADO	REVISADO	VALIDADO	APROBADO GC-GA
EDSON LOPEZ PARRA	EDSON LOPEZ PARRA	EMILIO SOBERON DIAZ SUPERVISOR DE CAMPO	LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. N° 121297

Prohibida su Reproduccion Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RG - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
REPRESENTANTE LEGAL



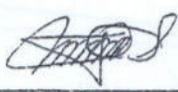
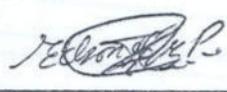
000045

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO
	QCF-CCAS-05		CODIGO:	202-13-MS-MCA-015
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE P-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.
UBICACION :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION	
CALICATA :	C - 2	CODIGO MUESTRA: 202-MLCA-003	PROFUNDIDAD :	0.00 m. A 0.90 m.
MUESTRA :	M - 1		FECHA :	23 - 02 - 2013
			CLASIFICACION DEL SUELO	CH
			NORMA A.S.T.M. D 2487	

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE (PESO VOLUMETRICO DE UN SUELO)  
A.S.T.M. D 2937**

CALICATA :	C - 2		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYE :	1	2	3
W Cilindro + M. Natural (gr)	391.00	392.00	392.00
W Cilindro (gr)	253.00	253.00	253.00
W M. Natural (gr)	138.00	139.00	139.00
Volumen (cm <sup>3</sup> )	102.98	102.98	102.98
Densidad Natural (gr/cm <sup>3</sup> )	1.34	1.35	1.35
Densidad Natural Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	1.35		

OBSERVACIONES:

ELABORADO	REVISADO	Y. B.	APROBADO
		 Emilio Suberón Díaz SUPERVISOR DE CAMPO	 LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 123456
INGENIERO Y FOTIA	INGENIERO Y FOTIA	INGENIERO Y FOTIA	INGENIERO Y FOTIA

Prohibida su Reproduccion Total o Parcial (INDECOP), Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raul Ernesto Vásquez Chuquilin  
REPRESENTANTE LEGAL



000044



FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD

SECTOR :

LABORATORIO

CODIGO:

202-13-MS-MCA-016

QCF-CAAS-01

DATOS DEL PROYECTO

DATOS DEL PERSONAL

PROYECTO : INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.  
 UBICACION : DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.  
 SOLICITANTE : INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.

GERENTE GENERAL : ING. RAFAEL QUIROZ CH.  
 JEFE DE CALIDAD : ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.  
 TECNICO DE LAB : EDSON LOPEZ PARRA.

DATOS DEL MUESTREO

CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION

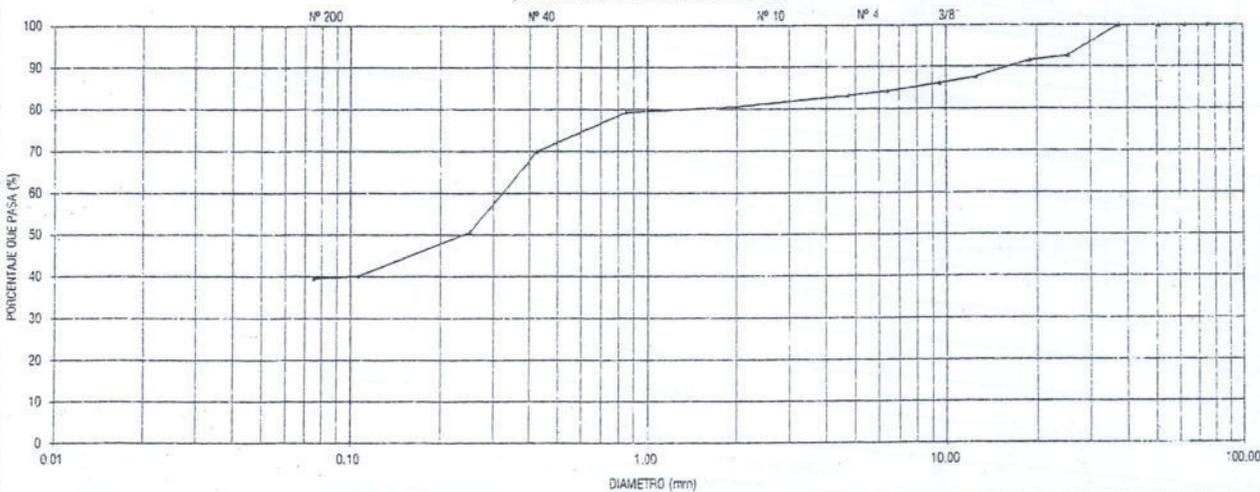
CALICATA : C - 2  
 MUESTRA : M - 2  
 CODIGO MUESTRA : 202-MLCA-004  
 PROFUNDIDAD : 0.90 m. A 1.20 m.  
 FECHA : 23 - 02 - 2013

CLASIFICACION DEL SUELO  
 NORMA: A.S.T.M. D 2487  
 SC - SM

STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.S.T.M. D 422  
 METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

	TAMIZ		P.RET. PARCIAL	P.RET. ACUMULADO	PORCENTAJE RET. ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	MUESTRA TOTAL HUMEDA			
	N°	ABERTURA(mm)					TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110° C	
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)			1056.5
	2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA < N° 4 (gr)			882.6
	2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA > N° 4 (gr)			173.9
	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	MUESTRA TOTAL SECA			
	1"	25.40	72.78	72.78	7.28	92.72	PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (gr) WF			832.4
	3/4"	19.00	11.33	84.11	8.41	91.59	PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (gr) WG			167.57
	1/2"	12.50	39.77	123.86	12.39	87.61	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)			1000.0
	3/8"	9.50	15.30	139.16	13.92	86.08	ANALISIS FRACCION GRUESA			
	1/4"	6.35	17.92	157.10	15.71	84.29	TOTAL	W/G =	167.57	
	N° 4	4.75	10.47	167.57	16.75	83.24	ANALISIS FRACCION FINA			
FRACCION FINA	N° 10	2.00	26.16	193.73	19.37	80.63	CORRECCION CUARTERO :			WF/S 1.00
	N° 20	0.85	12.66	206.59	20.56	79.34	PESO PORCION SECA :			S = 832.4
	N° 40	0.43	93.49	300.08	30.01	69.99				
	N° 60	0.25	193.40	493.49	49.35	50.65				
	N° 140	0.11	104.70	598.20	59.82	40.18				
	N° 200	0.08	5.90	604.10	60.41	39.59				
	CAZOLETA	--	395.50	1000.00	100.00	6.00				
	TOTAL			1000.00						

(CURVA GRANULOMETRICA A.S.T.M. D 422)



D60 =

0.32

D30 =

-

D10 =

-

Cu =

Cc =

OBSERVACIONES:

LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA (A.S.T.M. D 2487 - STANDARD CLASSIFICATION OF SOILS FOR ENGINEERING PURPOSES), Y SE DESCRIBE COMO UNA ARENA ARCILLO LIMOSA, DE MEDIANA PLASTICIDAD, MEZCLADA CON APRECIABLE PROPORCION DE GRAVA T.M. 1 1/2" (16.75 %).

CLASIFICACION GENERAL

REGULAR

TERRENO DE FUNDACION

ELABORO	REVISO	VA. SA.	APROBO QC-CA
EMILIO SEBERON DIAZ SUPERVISOR DE CAMPO GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 123897		
HOMBRE Y FIRMA	HOMBRE Y FIRMA	HOMBRE Y FIRMA	HOMBRE Y FIRMA

Prohibida su Reproduccion Total o Parcial (INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS RESERVED) - Todos los Derechos Reservados para GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raul Ernesto Vásquez Chuquilin  
 REPRESENTANTE LEGAL

000043



	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD		
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO	
	QCF-CAAS-02		CODIGO:	202-13-MS-MCA-017	
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL		
PROYECTO :	INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.	
UBICACIÓN :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.	
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.	
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION		
CALICATA :	C - 2	CODIGO MUESTRA:	202-MLCA-004	PROFUNDIDAD :	0.90 m. A 1.20 m.
MUESTRA :	M - 2	FECHA :	23 - 02 - 2013	CLASIFICACION DEL SUELO	SC - SM
			NORMA A.S.T.M. D 2487		

**STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - A.S.T.M. D 4318**  
**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

LIMITE LIQUIDO			
TARA N°	1	2	3
Wt+ M.Húmeda (gr)	55.02	54.72	55.36
Wt+ M. Seca (gr)	52.35	52.25	53.03
W agua (gr)	2.67	2.47	2.33
W tara (gr)	37.50	38.20	36.60
W M.Seca (gr)	14.85	14.05	13.43
W(%)	17.98%	17.58%	17.35%
N.GOLPES	15	22	27

LIMITE PLASTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	45.30	47.30	
Wt+ M. Seca (gr)	44.20	46.40	
W agua (gr)	1.10	0.90	
W tara (gr)	35.80	39.10	
W M.Seca (gr)	8.40	7.30	
W(%)	13.10%	12.33%	12.71%

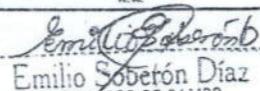
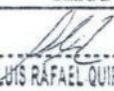
TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACION DE MUESTRA	
60°C	110° C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60°C	110° C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LIMITE LIQUIDO (%)	18
LIMITE PLASTICO (%)	13
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5



UNIPUNTO	
N° GOLPES	FACTOR
H	K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

OBSERVACIONES: EL CALCULO Y REPORTE DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACION AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SIMBOLO DE PORCENTAJE, DE ACUERDO A LA NORMA A.S.T.M. D 4318.

DISEÑO 	REVISO 	V. S.  Emilio Soberón Díaz SUPERVISOR DE CAMPO	APROBADO   LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. TUP. N° 123832
---	---	--	---

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECUIPI). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**CONSORCIO R6**  
 Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilin  
 REPRESENTANTE LEGAL



000042

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO
	QCF-CAAS-03		CODIGO:	202-13-MS-MCA-018
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.
UBICACION :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION	
CALICATA :	C - 2	CODIGO MUESTRA: 202-MLCA-004	PROFUNDIDAD :	0.90 m. A 1.20 m.
MUESTRA :	M - 2		FECHA :	23 - 02 - 2013
			CLASIFICACION DEL SUELO	SC - SM
			NORMA A.S.T.M. D 2487	

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK - A.S.T.M. D 2216  
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

CALICATA :	C - 2		
MUESTRA :	M - 2		
ENSAYE :	1	2	3
W (tara + M. Húmeda)	214.02	212.14	209.81
W (tara + M Seca)	203.76	200.78	199.32
W agua	10.26	11.36	10.49
W tara	24.04	23.74	23.62
W Muestra Seca	179.72	177.04	175.70
W(%)	5.71%	6.42%	5.97%
W (%) Promedio :	6.03%		

OBSERVACIONES:

EJECUTO	REVISO	Vs. Sr.	APROBO QC-QA
		 Emilio Soberón Díaz SUPERVISOR DE CAMPO GEOCON VIAL	 LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. CHIP N° 123892
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RG - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raul Ernesto Vásquez Chuquilin  
REPRESENTANTE LEGAL



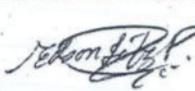
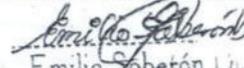
000041

	<b>GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.</b>		<b>OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD</b>	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO
	OCF-CCAS-05		CODIGO:	202-13-MS-MCA-020
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INSTALACION DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.
UBICACION :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION	
CALICATA :	C - 2	CODIGO MUESTRA: 202-MLCA-004	PROFUNDIDAD :	0.90 m. A 1.20 m.
MUESTRA :	M - 2		FECHA :	23 - 02 - 2013
			CLASIFICACION DEL SUELO	SC - SM
			NORMA A.S.T.M. D 2487	

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE (PESO VOLUMETRICO DE UN SUELO)**  
A.S.T.M. D 2937

CALICATA :	C - 2		
MUESTRA :	M - 2		
ENSAYE :	1	2	3
W Cilindro + M.Natural (gr)	412.00	411.00	412.00
W Cilindro (gr)	253.00	253.00	253.00
W M. Natural (gr)	159.00	158.00	159.00
Volumen (cm <sup>3</sup> )	102.98	102.98	102.98
Densidad Natural (gr/cm <sup>3</sup> )	1.54	1.53	1.54
Densidad Natural Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	1.54		

OBSERVACIONES:

ELABORADO	REVISADO	V. B.	APROBADO CC-QA
		 Emilio Soberón D. SUPERVISOR DE CAMINO	 LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 122222
NOMBRE Y PSENO	NOMBRE Y PSENO	NOMBRE Y PSENO	NOMBRE Y PSENO

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO RQ  
Ing. Raúl Ernesto Vásquez Ch.  
REPRESENTANTE RQ



000040



	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTIÓN Y CONTROL DE CALIDAD		
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO	
	QCF-CAAS-02		CODIGO :	202-13-MS-MCA-022	
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL		
PROYECTO :	INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CHIHUAN.	
UBICACIÓN :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.	
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.	
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION		
CALCATA :	C - 3	CODIGO MUESTRA :	202-MLCA-005	PROFUNDIDAD :	0.20 m. A 2.00 m.
MUESTRA :	M - 1	FECHA :	23 - 02 - 2013	CLASIFICACION DEL SUELO	NORMA A.S.T.M. D 2487
				CH	

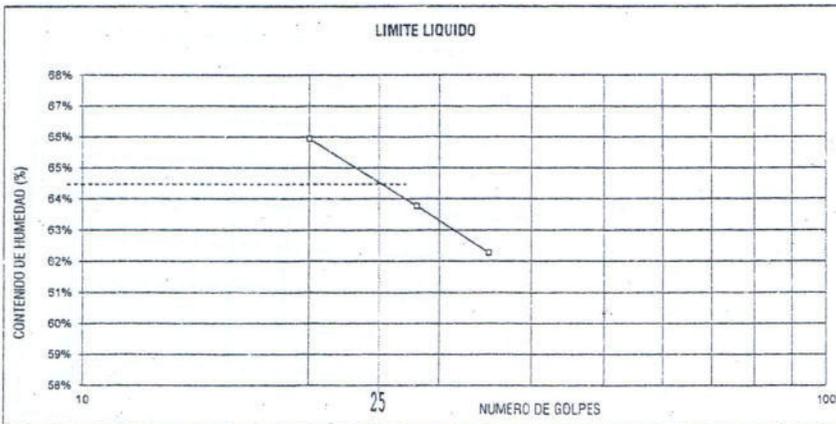
**STANDARD TEST METHOD FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS - A.S.T.M. D 4318**  
**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**

TARA Nº	1	2	3
Wt+ M.Húmeda (gr)	56.88	56.55	58.82
Wt+ M. Seca (gr)	50.74	50.00	51.77
W agua (gr)	6.14	6.55	7.05
W tara (gr)	41.43	39.73	40.45
W M.Seca (gr)	9.31	10.27	11.32
W(%)	65.95%	63.78%	62.28%
N.GOLPES	20	28	35

TARA Nº	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (gr)	37.37	37.83	
Wt+ M. Seca (gr)	35.26	35.76	
W agua (gr)	2.11	2.07	
W tara (gr)	25.85	26.71	
W M.Seca (gr)	9.41	9.05	
W(%)	22.42%	22.87%	22.65%

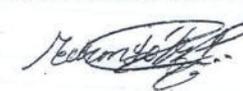
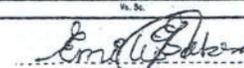
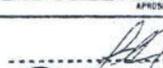
TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACION DE MUESTRA	
60°C	110° C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60°C	110° C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LIMITE LIQUIDO (%)	65
LIMITE PLASTICO (%)	23
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	42



Nº GOLPES	FACTOR
N	K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

OBSERVACIONES: EL CALCULO Y REPORTE DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD, SERA CON APROXIMACION AL ENTERO MAS CERCANO, OMITIENDO EL SIMBOLO DE PORCENTAJE, DE ACUERDO A LA NORMA A.S.T.M. D 4318.

EJECUTO  NOMBRE Y FIRMA	REVISO  NOMBRE Y FIRMA	Vº. DE  Emilio Soberón Díaz SUPERVISOR DE CAMPO	APROBO CC-CA  LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 123892
--	---	---	--

Prohibida su Reproduccion Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Raul Ernesto Vasquez Chuquilin  
 REPRESENTANTE LEGAL



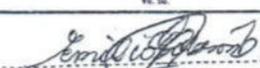
000038

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD				
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO			
	QCF-CAAS-03		CODIGO :	202-13-MS-MCA-023			
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL				
PROYECTO :	INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.			
UBICACIÓN :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.			
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.			
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION				
CALICATA :	C - 3	CODIGO MUESTRA :	202-MLCA-005	PROFUNDIDAD :	0.20 m. A 2.00 m.	CLASIFICACION DEL SUELO	
MUESTRA :	M - 1	FECHA :	23 - 02 - 2013	NORMA A.S.T.M. D 2487		CH	

**STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINACION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK - A.S.T.M. D 2216  
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

CALICATA :	C - 3		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYE :	1	2	3
W (tara + M. Húmeda)	208.16	212.78	211.09
W (tara + M Seca)	178.82	182.45	181.42
W agua	29.34	30.33	29.67
W tara	23.55	23.50	23.34
W Muestra Seca	155.27	158.95	158.08
W(%)	18.90%	19.08%	18.77%
W (%) Promedio :	18.92%		

OBSERVACIONES:

ELABORADO	REVISADO	VO. SO.	APROBADO CC-CA
		 Emilio Soberón Díaz SUPERVISOR DE CAMPO	 LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 23892
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raul Ernesto Vásquez Chuquilin  
REPRESENTANTE LEGAL



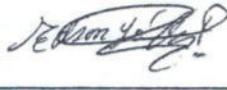
000037

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD				
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO			
	OCF-CCAS-05		CODIGO:	202-13-MS-MCA-025			
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL				
PROYECTO :	INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.			
UBICACIÓN :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.			
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.			
DATOS DEL MUESTREO			CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE CIMENTACION				
CALICATA :	C - 3	CODIGO MUESTRA:	202-MLCA-005	PROFUNDIDAD :	0,20 m. A 2,00 m.	CLASIFICACION DEL SUELO	
MUESTRA :	M - 1			FECHA :	23 - 02 - 2013	NORMA A.S.T.M. D 2487	CH

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE (PESO VOLUMETRICO DE UN SUELO)  
A.S.T.M. D 2937**

CALICATA :	C - 3		
MUESTRA :	M - 1		
ENSAYE :	1	2	3
W Cilindro + M. Natural (gr)	421.00	419.00	420.00
W Cilindro (gr)	253.00	253.00	253.00
W M. Natural (gr)	168.00	166.00	167.00
Volumen (cm <sup>3</sup> )	102.98	102.98	102.98
Densidad Natural (gr/cm <sup>3</sup> )	1.63	1.61	1.62
Densidad Natural Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	1.62		

OBSERVACIONES:

ELABORÓ	REVISÓ	No. de	APROBÓ DC-04
			
NOMBRE Y PARE	NOMBRE Y PARE	Emilio Soberón Díaz SUPERVISOR DE CAMPO GEOCON VIAL INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. GIP. N° 423802

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

**CONSORCIO R6**  
Ing Raúl Ernesto Vásquez Chuquilin  
REPRESENTANTE LEGAL



000036



GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Calle. Capitán Juan Porcel Nº 212 – Jaén – Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-862127. Email : [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

---

# ANEXO II

# PERFILES ESTRATIGRÁFICOS



Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ – GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

000035



GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD

FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD

SECTOR : LABORATORIO

QCF-CAAS-08

CODIGO : 202-13-MS-PE-001

DATOS DEL PROYECTO

DATOS DEL PERSONAL

OBJETO : INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.

GERENTE GENERAL : ING. RAFAEL QUIROZ CH.

UBICACIÓN : DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA. REGION: CAJAMARCA.

JEFE DE CALIDAD : ING. RAFAEL QUIROZ CHIHUAN.

LICITANTE : INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.

TECNICO DE LAB : EDSON LOPEZ PARRA

DATOS DE CAMPO

CALICATA :		C - 1	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	2.00	PROF. NIVEL FREATICO :	N/A	
PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRAS	W (%)	LIMITE	
	SIMBOLO (S.U.C.S.)	SIMBOLO GRAFICO				LL (%)	IP (%)
0.50			RELLENO	S/M	-	-	-
1.00	CH		ARCILLA LIMOSA INORGANICA, DE MEDIANA PLASTICIDAD Y COMPRESIBILIDAD ALTA, DE COLOR MARRÓN ROJIZO, CON APRECIABLE PROPORCIÓN DE GRAVA Y ELEVADA CANTIDAD DE ARENA. SE ENCUENTRA CONSOLIDADO, HÚMEDO Y PRESENTA BAJO CONTENIDO DE SALES SULFATADAS.	M - 1	17.84	62	32
1.30							
1.50	CH		ARCILLA INORGANICA, DE ALTA PLASTICIDAD Y COMPRESIBILIDAD ALTA, DE COLOR MARRÓN AMARILLENTO, CON ESCASA PROPORCIÓN DE ARENA Y EXENTA DE GRAVILLA. SE ENCUENTRA CONSOLIDADO, HÚMEDO Y PRESENTA BAJO CONTENIDO DE SALES SULFATADAS.	M - 2	16.70	65	42
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							
4.00							

OBSERVACIONES: CALICATAS EN ZONA DE UBICACIÓN DEL RESERVOIRIO APOYADO DE 1508 M3.

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6  
Ing Raul Ernesto Vásquez Chuquilin  
REPRESENTANTE LEGAL



ING. RAFAEL QUIROZ CHIHUAN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 127822

000034



GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

OFICINA DE GESTION Y

CONTROL DE CALIDAD

FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD

SECTOR :

LABORATORIO

QCF-CAAS-08

CODIGO:

202-13-MS-PE-002

DATOS DEL PROYECTO

DATOS DEL PERSONAL

PROYECTO : INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.

GERENTE GENERAL :

ING. RAFAEL QUIROZ CH.

UBICACIÓN : DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA. REGION: CAJAMARCA.

JEFE DE CALIDAD :

ING. RAFAEL QUIROZ CHIHUAN.

LICITANTE : INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.

TECNICO DE LAB :

EDSON LOPEZ PARRA

DATOS DE CAMPO

CALICATA : C - 2

PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.20

PROF. NIVEL FREATTCO :

N/A

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRAS	W (%)	LIMITES	
	SIMBOLO (S.U.C.S.)	SIMBOLO GRAFICO				LL (%)	IP (%)
0.50	CH		ARCILLA LIMOSA ARENOSA INORGANICA, DE MEDIANA PLASTICIDAD, DE COLOR MARRÓN AMARILLENTO, CON ESCASA PROPORCIÓN DE GRAVILLA. SE ENCUENTRA CONSOLIDADO, HÚMEDO Y PRESENTA BAJO CONTENIDO DE SALES SULFATADAS.	M - 1	21.36	63	33
1.20	SC - SM		ARENA ARCILLO LIMOSA, DE MEDIANA PLASTICIDAD, DE COLOR CREMA CLARO CON TONALIDADES ROJIZAS, CON APRECIABLE PROPORCIÓN DE GRAVA. SE ENCUENTRA MEDIANAMENTE DENSO, Y HÚMEDO.	M - 2	6.03	18	5
1.50			ROCA ARENISCA, DE GRANO FINO				
2.00							
2.50							
3.00							
3.50							
4.00							

OBSERVACIONES:

CALICATAS EN ZONA DE UBICACIÓN DEL RESERVOIRIO APOYADO DE 1508 M3.

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilin  
REPRESENTANTE LEGAL

000033

Luis Rafael Quiroz Chihuan  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 123892



SECCION  
HIDRÁULICA  
DE  
ESTUDIOS  
E.I.R.L.

GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

OFICINA DE GESTION Y

CONTROL DE CALIDAD

FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD

SECTOR :

LABORATORIO

QCF-CAAS-08

CODIGO:

202-13-MS-PE-003

DATOS DEL PROYECTO

DATOS DEL PERSONAL

PROYECTO : INSTALACIÓN DEL RESERVORIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.

GERENTE GENERAL :

ING. RAFAEL QUIROZ CH.

UBICACIÓN : DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA. REGION: CAJAMARCA.

JEFE DE CALIDAD :

ING. RAFAEL QUIROZ CHIHUAN.

LICITANTE : INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.

TECNICO DE LAB :

EDSON LOPEZ PARRA

DATOS DE CAMPO

LICATA :		C - 3	PROFUNDIDAD TOTAL (m) :	2.00	PROF. NIVEL FREATTCO :	N/A		
PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRAS	W (%)	LIMITES		
	SIMBOLO (S.U.C.S.)	SIMBOLO GRAFICO				LL (%)	IP (%)	
0.20			MATERIA ORGÁNICA, PASTOS Y RAICES	S/M	-	-	-	
0.50			ARCILLA INORGANICA, DE ALTA PLASTICIDAD Y COMPRESIBILIDAD ALTA, DE COLOR MARRÓN AMARILLENTO CON TONALIDADES PLOMIZAS, Y ESCASA PROPORCIÓN DE ARENA Y EXENTA DE GRAVILLA. SE ENCUENTRA CONSOLIDADO, HÚMEDO Y PRESENTA BAJO CONTENIDO DE SALES SULFATADAS.	M - 1	18.92	65	42	
1.00	CH							
1.30								
1.50								
2.00								
2.50								
3.00								
3.50								
4.00								

OBSERVACIONES:

CALICATAS EN ZONA DE UBICACIÓN DEL RESERVORIO APOYADO DE 1508 M3.

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados 2010 - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

Ing. Raúl Ernesto Vásquez Chuquilín  
REPRESENTANTE LEGAL



ING. RAFAEL QUIROZ CHIHUAN  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 123807

000032



GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Calle. Capitán Juan Porcel N° 212 – Jaén – Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

---

# ANEXO III

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO DE SUELOS



Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ – GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

000031



GEOCON VIAL  
INGENIEROS  
CONSULTORES  
E.I.R.L.

GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONTROL DE CALIDAD

FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD

SECTOR :

LABORATORIO

CODIGO:

202-13-MS-EPXCA-001

QCF-CCAS-10

DATOS DEL PROYECTO

DATOS DEL PERSONAL

PROYECTO : INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.  
UBICACIÓN : DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.  
SOLICITANTE : INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILLIN.

GERENTE GENERAL : ING. RAFAEL QUIROZ CH.  
JEFE DE CALIDAD : ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN  
TECNICO DE LAB : EDSON LOPEZ PARRA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

A.S.T.M. D 3080 - 2004

CERTIFICADO : CO PSR MARZO 13  
SOLICITANTE : INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILLIN  
PROYECTO : INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.  
UBICACIÓN : DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.  
FECHA : MARZO 2013

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : RESERVOIRIO  
CALICATA : C - 3  
MUESTRA : M - 1  
PROFUNDIDAD (m) : 0.20 - 2.00  
CLASIFICACION (S.U.C.S) : CH  
CONDICION : MUESTRA INALTERADA

VELOCIDAD DE CORTE :

ESPECIMEN : 1		ESPECIMEN : 2		ESPECIMEN : 3	
ALTEZA INICIAL :	20 mm	ALTEZA INICIAL :	20 mm	ALTEZA INICIAL :	20 mm
LADO DE CAJA :	60 mm	LADO DE CAJA :	60 mm	LADO DE CAJA :	60 mm
AREA INICIAL :	36 cm <sup>2</sup>	AREA INICIAL :	36 cm <sup>2</sup>	AREA INICIAL :	36 cm <sup>2</sup>
DENSIDAD HUMEDA :	1.62 gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD HUMEDA :	1.62 gr/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD HUMEDA :	1.62 gr/cm <sup>3</sup>
HUMEDAD INICIAL :	19.0 %	HUMEDAD INICIAL :	19.0 %	HUMEDAD INICIAL :	19.0 %
ESFUERZO NORMAL :	0.56 Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO NORMAL :	1.11 Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO NORMAL :	2.22 Kg/cm <sup>2</sup>
ESFUERZO DE CORTE :	0.37 Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DE CORTE :	0.45 Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO DE CORTE :	0.70 Kg/cm <sup>2</sup>

DEFORMACION LATERAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (E/B)	DEFORMACION LATERAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (E/B)	DEFORMACION LATERAL (%)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO NORMALIZADO (E/B)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.030	0.010	0.018	0.030	0.020	0.018	0.030	0.040	0.018
0.060	0.021	0.038	0.060	0.050	0.045	0.060	0.070	0.032
0.120	0.033	0.059	0.120	0.090	0.081	0.120	0.130	0.059
0.180	0.056	0.100	0.180	0.135	0.122	0.180	0.160	0.072
0.300	0.120	0.214	0.300	0.250	0.225	0.300	0.250	0.113
0.450	0.175	0.313	0.450	0.320	0.298	0.450	0.280	0.126
0.600	0.220	0.393	0.600	0.360	0.324	0.600	0.460	0.207
0.750	0.250	0.446	0.750	0.400	0.360	0.750	0.570	0.257
0.900	0.270	0.482	0.900	0.420	0.378	0.900	0.640	0.286
1.050	0.300	0.536	1.050	0.440	0.396	1.050	0.660	0.297
1.200	0.340	0.607	1.200	0.460	0.414	1.200	0.680	0.306
1.500	0.370	0.661	1.500	0.480	0.432	1.500	0.700	0.315
1.800	0.360	0.643	1.800	0.480	0.432	1.800	0.680	0.306
2.100	0.250	0.446	2.100	0.470	0.423	2.100	0.660	0.297
2.400	0.240	0.429	2.400	0.450	0.405	2.400	0.630	0.284
2.700	0.180	0.321	2.700	0.430	0.387	2.700	0.590	0.266
3.000	0.170	0.304	3.000	0.410	0.369	3.000	0.560	0.252
3.600	0.160	0.286	3.600	0.370	0.333	3.600	0.550	0.248
4.200	0.150	0.268	4.200	0.350	0.315	4.200	0.460	0.207
4.800	0.140	0.250	4.800	0.330	0.297	4.800	0.420	0.189
5.400	0.140	0.250	5.400	0.320	0.288	5.400	0.410	0.185
6.000	0.130	0.232	6.000	0.320	0.288	6.000	0.410	0.185

OBSERVACIONES : MUESTRA PROVISTA E IDENTIFICADA POR PERSONAL DE CAMPO DE LA EMPRESA.

 EDSON LOPEZ PARRA	 EMILIO SOBERON DIAZ SUPERVISOR DE CAMPO GEOCON VIAL	 RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL No 422802
-----------------------	---	---

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

CONSORCIO R6

000030

Ingeniero Raul Ernesto Vasquez Chuquillin







GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Calle. Capitán Juan Porcel N° 212 – Jaén – Cajamarca.

R.U.C. 20495954847. Telef. 976-882127. Email : [geoconvial@hotmail.com](mailto:geoconvial@hotmail.com), [geoconvial@gmail.com](mailto:geoconvial@gmail.com).

PROYECTOS DE INGENIERIA, SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, TECNOLOGIA DEL CONCRETO, TECNOLOGIA DEL ASFALTO, DISEÑO DE PAVIMENTOS, ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO Y VENTA DE ADITIVOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION.

---

# ANEXO IV

## ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS.



Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOPI). Derechos Reservados RQ – GEOCON VIAL – INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

000028

	GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		OFICINA DE GESTION Y CONTROL DE CALIDAD	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		SECTOR :	LABORATORIO
	QCF-CAAS-09		CODIGO:	202-13-MS-MCA-026
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL	
PROYECTO :	INSTALACIÓN DEL RESERVOIRIO DE AGUA POTABLE R-6 EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.		GERENTE GENERAL :	ING. RAFAEL QUIROZ CH.
UBICACIÓN :	DISTRITO: CAJAMARCA, PROVINCIA: CAJAMARCA, REGION: CAJAMARCA.		JEFE DE CALIDAD :	ING. LUIS QUIROZ CHIHUAN.
SOLICITANTE :	INGENIERO RAUL ERNESTO VASQUEZ CHUQUILIN.		TECNICO DE LAB :	EDSON LOPEZ PARRA.

**ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS DE SUELO  
pH, SULFATOS Y CLORUROS.**

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	pH	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> como Sulfato de Bario	Cl <sup>-1</sup>	Sales Solubles
				p.p.m.	p.p.m.	Totales p.p.m.
C - 1	M - 1	0.50 - 1.30	7.42	0.00	38.50	425.00
	M - 2	1.30 - 2.00	6.12	0.00	42.00	486.00
C - 2	M - 1	0.00 - 0.90	7.20	0.00	35.50	414.00
	M - 2	0.90 - 1.20	6.80	0.00	44.00	492.00
C - 3	M - 1	0.20 - 2.00	6.15	0.00	46.00	488.00

OBSERVACIONES: VALORES QUE SE ENCUENTRAN DEBAJO DE LOS LIMITES PERMISIBLES, POR LO QUE SE PODRA UTILIZAR CEMENTO PORTLAND TIPO I, EN LA PREPARACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO

EJECUTO	REVISO	V. M.	APROBO DC-CA
			
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		Enilio Soberón Díaz SUPERVISOR DE CAMPO GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.	 LUIS RAFAEL QUIROZ CHIHUAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 123000

Prohibida su Reproducción Total o Parcial (INDECOP). Derechos Reservados RQ - GEOCON VIAL - INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

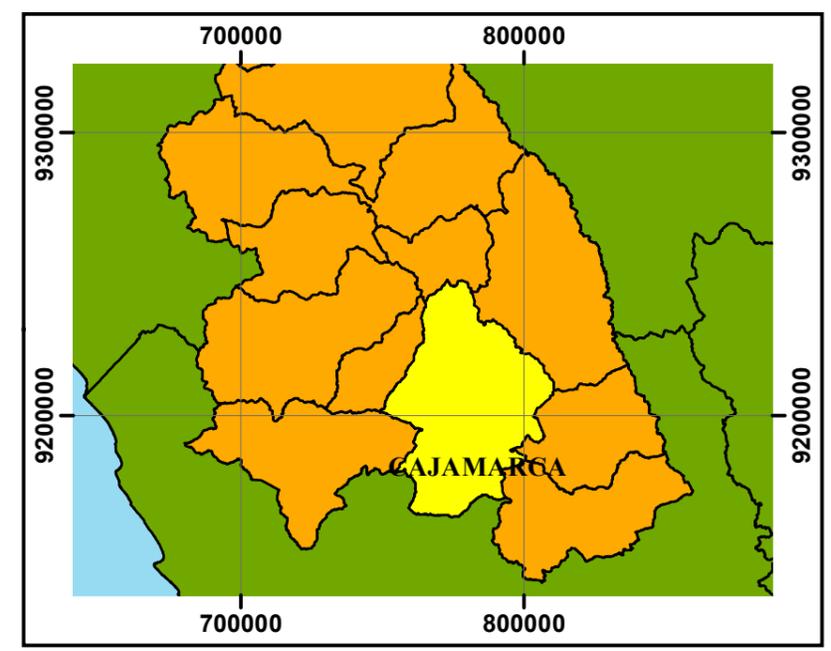
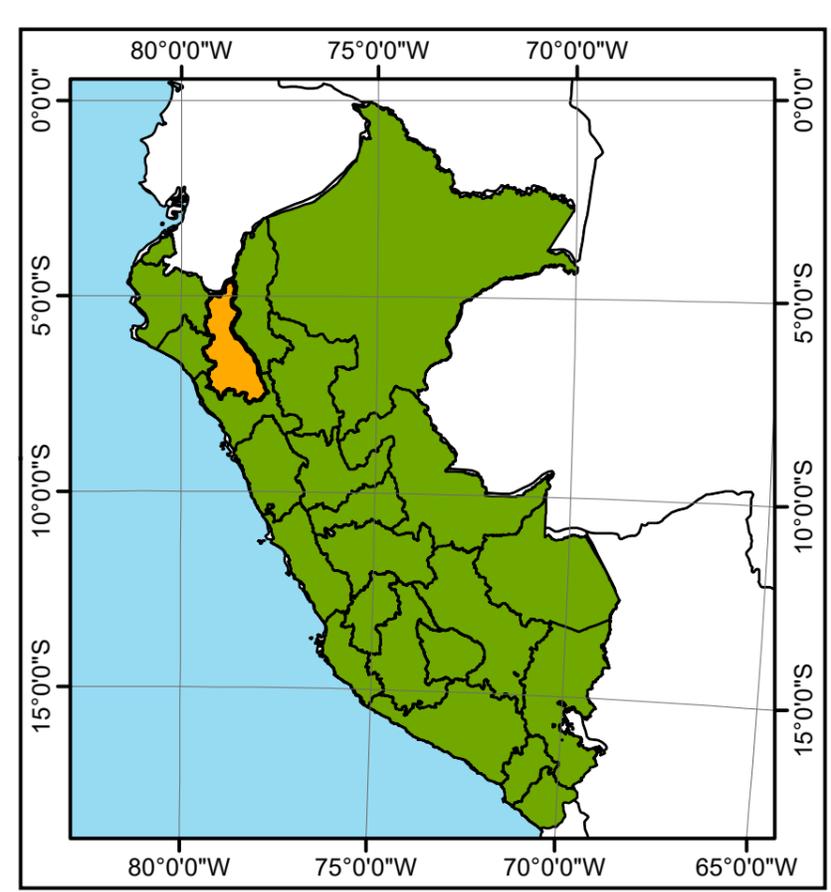
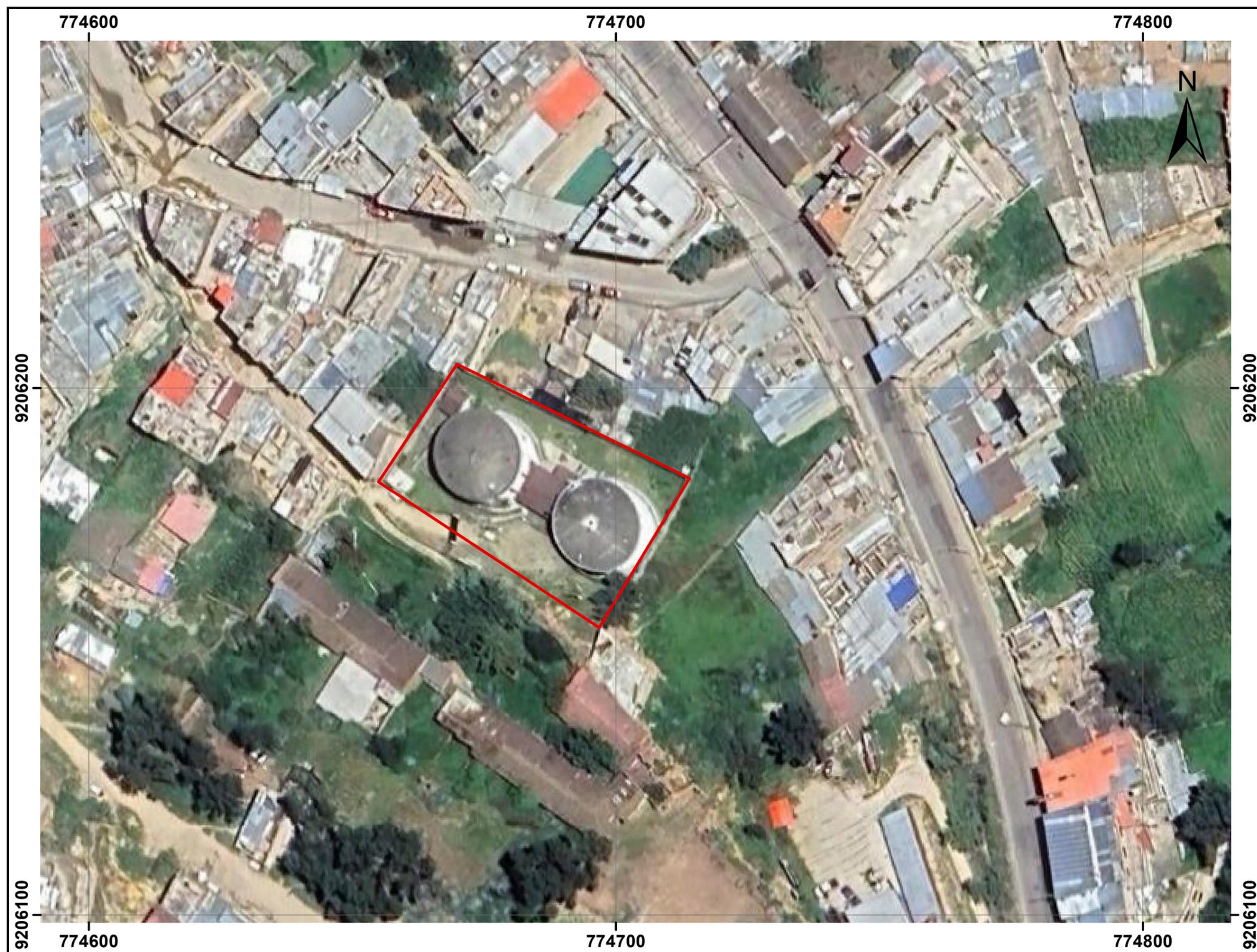
**CONSORCIO R6**  
  
 Ing. Raul Ernesto Vasquez Chuquilin  
 REPRESENTANTE LEGAL



000027

# Anexo 02

## Planos



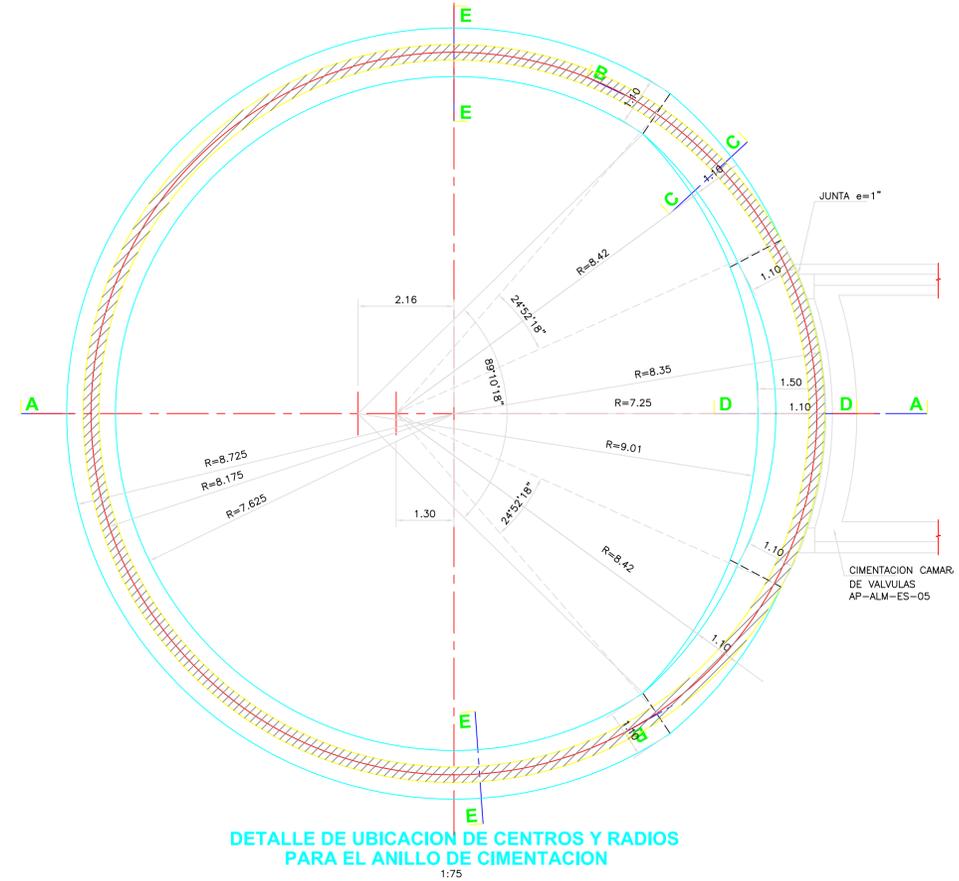
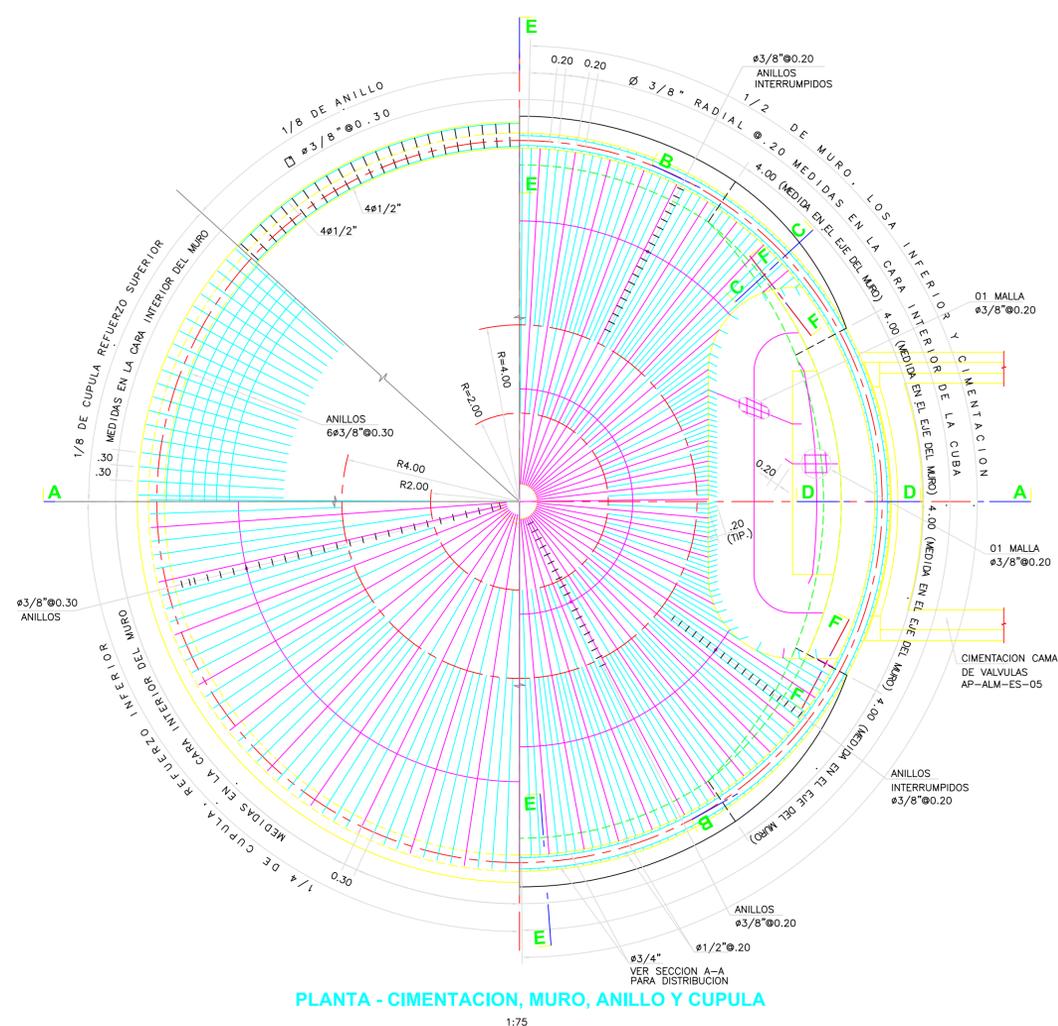
**LEYENDA**

Area de Estudio



ESCALA: 1/800

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>ESCUELA DE POSGRADO</b> <b>UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>MAESTRÍA EN CIENCIAS MENCIÓN INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>TESIS:</b> INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN RESERVOIRIO CIRCULAR APOYADO DE CONCRETO ARMADO	<b>FECHA:</b> Noviembre 2024 <b>ESCALA:</b> Indicada <b>ARCHIVO:</b> .dwg <b>Plano N°</b>
<b>PLANO:</b> UBICACIÓN □	<h1 style="font-size: 2em; margin: 0;">U01</h1>
<b>TESISTA:</b> DANNY GARY OMAR INFANTE MENDO	



**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**MATERIALES :**  
 ACERO EN GENERAL  $f_y = 420 \text{ MPa (4200 Kg/cm}^2\text{)}$   
 CEMENTO PORTLAND TIPO I EN GENERAL

**CONCRETO :**  
 - SOLADO  $f'c = 10 \text{ MPa (100 Kg/cm}^2\text{)}$   
 - ANILLO DE CIMENTACION, LOSA DE FONDO Y CUPULA  $f'c = 25 \text{ MPa (245 Kg/cm}^2\text{)}$   
 - MURO  $f'c = 28 \text{ MPa (280 Kg/cm}^2\text{)}$   
 - OTRAS ESTRUCTURAS  $f'c = 20 \text{ MPa (210 Kg/cm}^2\text{)}$   
 LIMITAR LA RELACION AGUA CEMENTO 0.50 PARA EL FONDO Y MUROS DE LA CUBA.

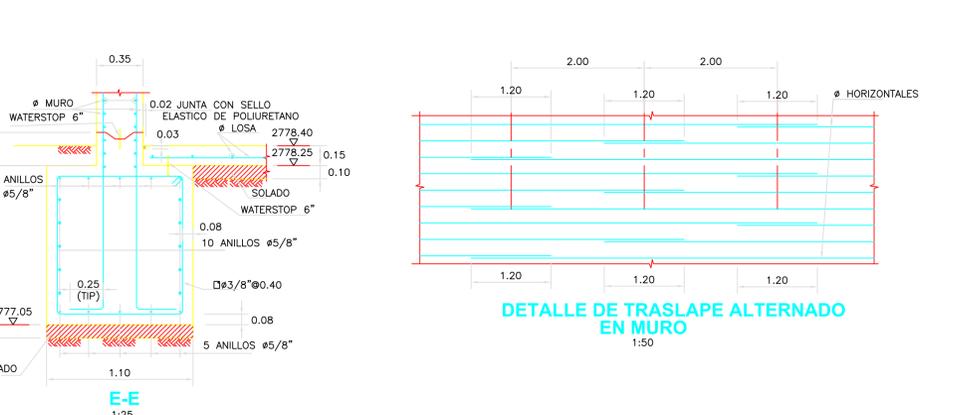
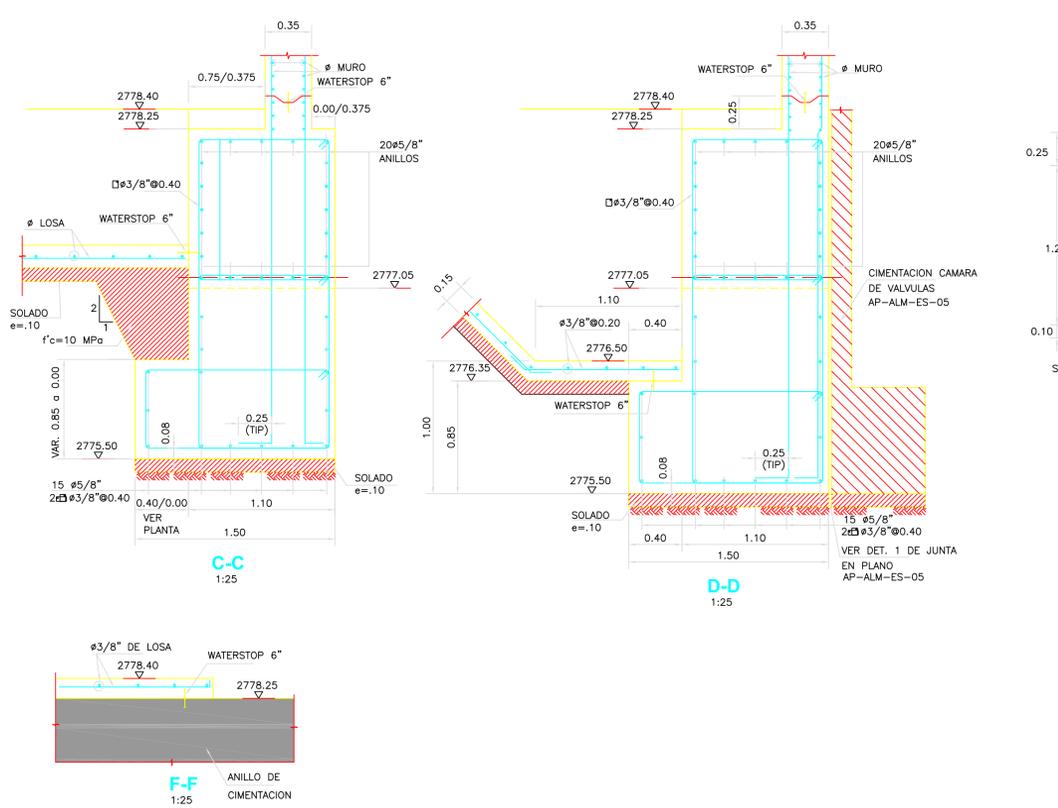
**PRESION ADMISIBLE SOBRE EL TERRENO:**  $\bar{\sigma}_t > 0.3 \text{ MPa (3.0 Kg/cm}^2\text{)}$

**RECUBRIMIENTOS :**  
 - ZAPATAS : 0.075 m  
 - MURO : 0.04 m  
 - LOSA DE FONDO : 0.06 m  
 - LOSA DE CUPULA : 0.03 m

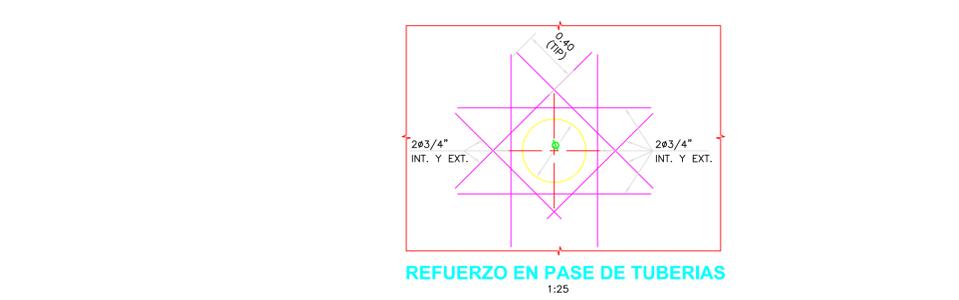
**VACIADO DEL CONCRETO :**  
 MAXIMA ALTURA PARA EL VACIADO DEL CONCRETO SERA DE 1.50 POR ETAPA.

**NOTAS :**  
 SE RECOMIENDA TENER CUIDADO DE CONTROLAR EN LO POSIBLE CUALQUIER FILTRACION DE AGUA QUE ALTERE EL EQUILIBRIO POTENCIAL DEL SUELO.

**REVESTIMIENTOS PARA SUPERFICIES EN CONTACTO CON EL AGUA:**  
 1ra. CAPA : MEZCLA CEMENTO-ARENA 1:5 ESPESOR = 1.5 cm. ACABADO RAYADO  
 2da. CAPA : A LAS 24 HORAS, MEZCLA CEMENTO-ARENA 1:5 ESPESOR = 0.015 m ACABADO FROTACHADO  
 EN AMBAS CAPAS SE UTILIZARA ADITIVO IMPERMEABILIZANTE EN LA PROPORCION DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE.



1:12.5	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	m
1:25	0	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	m
1:50	0	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	m
1:75	0	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	m



REV.	N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO
<b>E.P.S. SEDACAJ S.A.</b> EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE CAJAMARCA - SOCIEDAD ANONIMA Kreditanstalt Für Wiederaufbau (KfW) ASOCIACION-TEMPORAL: LAHMEYER INTERNACIONAL INGENIEROS CONSULTORES CESEL S.A. INGENIEROS CONSULTORES PROYECTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA PLANO DE: <b>RESERVORIO R-4 - 1500m3 PLANTA, CORTES Y DETALLES</b> N° DE LAMINA: <b>AP-ALM ES-04</b> DISEÑADO: C. GUTIERREZ REVISADO: J. ABUGATTAS APROBADO: ALBERT BREUER SISTEMA: AGUA POTABLE DIBUJADO: P. QUINTEROS REVISION N°: 01 FECHA: ENERO 2002 ESCALA: INDICADA					

